

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства

05-02-512М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Радіоекологія з основами радіобіології» для здобувачів
вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня
за освітньо-науковою програмою «Екологія»
спеціальності 101 «Екологія»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІАЗ
Протокол № 10 від 21.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Радіоекологія з основами радіобіології» для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня за освітньо-науковою програмою «Екологія» спеціальності 101 Екологія денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] Клименко М. О., Турчина К. П., Бедункова О. О., Вознюк Н. М., Ліхо О. А. – Рівне : НУВГП, 2025. – 68 с.

Укладачі: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, зав.каф. екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства;

Турчина К. П., к.с.-г.н., доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства;

Бедункова О. О., д.б.н., професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства;

Вознюк Н. М., к.с.-г.н., професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства;

Ліхо О. А., к.с.-г.н., професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства

Керівник групи забезпечення спеціальності 101 «Екологія»

Бедункова О. О.

© М. О. Клименко, К. П. Турчина,
О. О. Бедункова, Н. М. Вознюк,
О. А. Ліхо, 2025
© НУВГП, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Практична робота №1. Основні санітарні правила при роботі з радіоактивними речовинами.....	5
Практична робота №2. Методики відбору та підготовки зразків навколишнього природного середовища для проведення радіометричних вимірювань	11
Практична робота №3. Вивчення основних методів вимірювання радіоактивності.....	16
Практична робота №4. Призначення та класифікація приладів радіаційного контролю.....	22
Практична робота №5. Прогноз вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції.....	37
Практична робота №6. Основні принципи ведення тваринництва на радіоактивно забруднених територіях.....	50
Практична робота №7. Характеристика заходів, спрямованих на зменшення надходження радіонуклідів в продукцію рослинництва.....	56
Рекомендована література.....	67

Вступ

Радіоекологія, або радіаційна біологія, – це наука про дію іонізуючих випромінень на живі організми та їх угруповання. Основним завданням дисципліни є вивчення закономірностей дії іонізуючих випромінень на живий організм з метою пошуку можливостей щодо керування його реакціями на цей фактор.

Дослідження міграції радіоактивних речовин в об'єктах сільського та лісового господарства з метою мінімізації їх накопичення в продукції рослинництва, тваринництва і лісівництва є основою даного курсу.

Основною метою вивчення дисципліни є оволодіння теоретичними основами про дію іонізуючих випромінень у навколишньому середовищі, механізми дії випромінень на живі організми, радіочутливість основних видів сільськогосподарських і лісгосподарських рослин, тварин, принципи захисту живих організмів від випромінень, шляхи надходження радіоактивних речовин у рослини, організми тварин та людини, прийоми запобігання надходження і накопичення радіоактивних речовин у продукції рослинництва й тваринництва, методологію і технологію ведення окремих галузей сільськогосподарського та лісгосподарського виробництва на забруднених радіоактивними речовинами територіях.

Для аспірантів ця дисципліна має ще й значення для поглибленого вивчення теоретичних аспектів радіаційної ситуації й розробки практичних заходів щодо ведення сільського і лісового господарства на забруднених радіоактивними речовинами угіддях

Практична робота № 1

Тема: *Основні санітарні правила при роботі з радіоактивними речовинами.*

Мета роботи: *Ознайомитися з основними санітарними правилами при роботі з радіоактивними речовинами.*

Основні поняття

Типи джерел випромінювання поділяють на *закрите* (виключається можливість надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище, а отже і можливість внутрішнього опромінення - це диски, сплави, злитки, стержні тощо) і *відкрите* (є можливість надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище, а отже може мати місце як зовнішнє, так і внутрішнє опромінення - це рідини, порошки, гази тощо);

Всі радіонукліди, як потенційні джерела внутрішнього опромінення умовно розділені на 4 групи по радіотоксичності (табл 1.1).

1. Група А - *особливо радіотоксичні*, активність їх на робочому місці не повинна перевищувати 0.1 мкКі. Сюди входить 39 ізотопів, в тому числі Pb -210, Po-210, Ra-226, Pu-239 та Pu-240, Am-24 та інші трансуранові елементи.

2. Група Б - *високорадіотоксичні*, активність їх на робочому місці не повинна перевищувати 1 мкКі. Це 23 ізотопи, зокрема Sr-90, В-131, Ru-106, Ra-223, Th-227 та інші.

3. Група В - *середньорадіотоксичні*, допустима активність яких на робочому місці на повинна бути вище 10 мкКі. Сюди входять 162 ізотопи, в тому числі: Na-24, P-32, S-35, K-42, Mn-56, Co-60, Sr-89, Cs-134, Cs-137, Ba-140, Ce-144;

4. Група Г - *малорадіотоксичні*, допустима концентрація яких на робочому місці не повинна

перевищувати 100 мкКі. Сюди входить 45 ізотопів, в тому числі: Н-3, С-14, Р-33, Сu-64, Рt-197 і інші.

Таблиця 1.1

Класифікація радіонуклідів за їх відносною токсичністю.

Група токсичності	Радіонукліди
А Надзвичайно високо токсичні	$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, $^{210}\text{Pb}+^{210}\text{Bi}$, ^{210}Po , ^{211}At , ^{226}Ra +дочірні, ^{228}Ra , ^{227}Ac , трансуранові
Б Дуже токсичні	^{45}Ca , ^{59}Fe , ^{89}Sr , ^{91}Y , $^{107}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{126}I , ^{129}I , ^{131}I , ^{134}Cs , $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$, $^{144}\text{Ce}+^{144}\text{Pr}$, ^{151}Sm , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{170}Tu , ^{207}Bi , ^{223}Ra , ^{228}Ac , ^{227}Th , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{234}Th , ^{230}Pa , ^{231}Pa , ^{230}U до ^{238}U
В Середньо токсичні	^{14}C , ^{16}N , ^{22}Na , ^{31}Si , ^{32}P , ^{35}S , ^{36}Cl , ^{42}K , ^{47}Ca , ^{46}Sc , ^{47}Sc , ^{48}Sc , ^{48}V , ^{52}Mn , ^{64}Mn , ^{56}Mn , ^{55}Fe , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Ni , ^{63}Ni , ^{65}Ni , ^{64}Cu , ^{65}Zn , $^{69\text{m}}\text{Zn}$, ^{72}Ga , ^{73}As , ^{74}As , ^{76}As , ^{77}As , ^{75}Se , ^{82}Br , ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{86}Rb , ^{88}Rb , ^{85}Sr , ^{89}Sr , ^{91}Sr , ^{92}Sr , ^{91}Y , ^{92}Y , ^{93}Y , $^{93}\text{Zr}+^{93}\text{Nb}$, $^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb}$, ^{99}Mo , ^{96}Tc , $^{97\text{m}}\text{Tc}$, ^{97}Tc , ^{99}Tc , ^{103}Ru , ^{105}Ru , ^{105}Rh , $^{103}\text{Pd}+^{103}\text{Rh}$, ^{109}Pd , ^{105}Ag , ^{111}Ag , $^{109}\text{Cd}+^{109}\text{Ag}$, ^{115}Cd , $^{115\text{m}}\text{Cd}$, $^{114\text{m}}\text{In}$, ^{113}Sn , ^{122}Sb , ^{124}Sb , ^{125}Sb , $^{125\text{m}}\text{Te}$, ^{129}Te , ^{132}Te , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{135}Cs , ^{136}Cs , $^{137}\text{Cs}+^{137}\text{Ba}$, ^{131}Ba , ^{141}Ce , ^{143}Ce , ^{142}Pr , ^{143}Pr , ^{146}Nd , ^{149}Nd , ^{147}Pm , ^{153}Sm , $^{152\text{m}}\text{Eu}$, ^{155}Eu , ^{153}Gd , ^{159}Gd , ^{160}Tb , ^{166}Dy , ^{166}Ho , ^{169}Er , ^{171}Er , ^{171}Tu , ^{175}Yb , ^{177}Lu , ^{181}Hf , ^{182}Ta , ^{181}W , ^{185}W , ^{187}W , ^{183}Re , ^{186}Re , ^{188}Re , ^{191}Os , ^{190}Ir , ^{192}Ir , ^{194}Ir , ^{191}Pt , ^{193}Pt , ^{197}Pt , ^{196}Au , ^{198}Au , ^{199}Au , $^{197\text{m}}\text{Hg}$, ^{197}Hg , ^{203}Hg , ^{200}Te , ^{202}Te , ^{204}Te , ^{303}Pb , ^{212}Pb , ^{206}Bi , ^{231}Th , ^{233}Pa , ^{240}U
Г Помірно токсичні	^3H , ^7Be , ^{13}N , ^{17}N , ^{18}F , ^{38}Ca , ^{37}Ar , ^{41}Ar , ^{51}Cr , $^{58\text{m}}\text{Co}$, ^{69}Zn , ^{71}Ge , ^{77}Kr , ^{83}Kr , $^{85\text{m}}\text{Kr}$, ^{87}Rb , $^{85\text{m}}\text{Sr}$, $^{91\text{m}}\text{Y}$, ^{97}Nb , $^{96\text{m}}\text{Tc}$, ^{97}Ru , $^{103\text{m}}\text{Rh}$, $^{113\text{m}}\text{In}$, $^{115\text{m}}\text{In}$, ^{115}In , ^{129}Sb , ^{133}Te , $^{131\text{m}}\text{Xe}$, ^{133}Xe , ^{135}Xe , ^{131}Cs , $^{134\text{m}}\text{Cs}$, ^{139}Ba , ^{141}La , ^{142}La , ^{145}Ce , ^{145}Pr , ^{146}Pr , ^{144}Nd , ^{147}Sm , ^{165}Dy , ^{187}Re , $^{193\text{m}}\text{Pt}$, ^{201}Tl , природний U та Th

При роботі з радіаційними речовинами передбачений захист від випромінювання. В комплексі заходів по захисту враховують також вид іонізуючого випромінювання: α -, та β -частинки, γ -кванти.

α -частинки пробігають в повітрі від 2.4 до 11.0 см (в залежності від енергії), а в біологічній тканині соті долі міліметра. Тому одяг та гумові рукавиці повністю захищають від зовнішнього α -випромінювання.

β -частинки пробігають в повітрі від 10 см до 25 м, а в біологічних тканинах до 7.5 мм, і діють в основному на покривні тканини та роговицю ока. Повного захисту від β -частинок немає. Але для захисту від β -випромінювання застосовують екрани з матеріалів з малою атомною масою (скло, плексиглас, алюміній), або двошарові екрани: перший для поглинання β -частинок та додатково другий, з важких металів (свинець, та інші) для поглинання гальмівного рентгенівського випромінювання, що утворюється.

γ -випромінювання викликає слабку іонізуючу дію при значній проникаючій здатності: пробіг γ -квантів в повітрі - 100 - 150 м, в біологічній тканині - декілька метрів.

Захист від зовнішнього γ -випромінювання досягається:

- зменшенням тривалості роботи з джерелом випромінювання шляхом швидкої маніпуляції з препаратами в результаті високої кваліфікації персоналу та скорочення робочого дня;
- застосуванням захисних екранів з матеріалів з великою атомною масою (свинець, чугун);
- збільшенням віддалі до джерела випромінювання (дистанційні інструменти, подовжувачі, маніпулятори). При збільшенні віддалі в 2 рази доза зменшується в 4 рази;
- використання для роботи джерел з мінімально можливим виходом випромінювання.

Товщина захисних екранів розраховується за шарами

половинного послаблення ($T_{1/2}$). *Шар половинного послаблення* - це товщина будь-якого матеріалу (речовини), яка знижує дозу проникаючої радіації в 2 рази (табл. 1.2).

Таблиця 1.2
Величина шару половинного послаблення γ -
випромінювання для різних матеріалів

Матеріал	Густина, г/см ³	Товщина шару, см
Вода	1	13,0
Деревина	0.7	21.0
Поліетилен	0.9	14.0
Склопластик	1.4	10.0
Бетон	2.3	5.6
Алюміній	2.7	6.5
Сталь, залізо	7.8	1.8
Свинець	11.3	1.3

Основні санітарні правила індивідуального захисту та особистої гігієни.

При роботі з радіоактивними речовинами встановлюють основні санітарні правила індивідуального захисту та особистої гігієни.

До засобів індивідуального захисту (умовно) відносять засоби суцільно індивідуального користування, та крім того, співробітники лабораторій забезпечуються халатами, шапочками, рукавицями, пластиковими нарукавниками, фартухами, напівхалатами, напівкомбінезонами, пневмокостюмами, додатковим спецвзуттям (гумові чоботи, пластикові сліди, бахили, чохли).

При роботі з радіоактивними газами, аерозолями та порошками застосовують фільтруючі засоби захисту органів дихання (респіратор "Лепесток", "Снежок", протигаз), для захисту очей застосовують окуляри із оргскла. Матеріали, з

яких виготовлені засоби захисту повинні мати малу сорбційну здатність, легко відмиватись від радіоактивних речовин та відповідати гігієнічним вимогам.

Після закінчення роботи індивідуальні засоби захисту перевіряються на забрудненість, і при необхідності (перевищенні граничних значень) проводиться їх дезактивація.

При потраплянні радіоактивних речовин на шкіряний покрив - негайно миють руки 72%-м милом, або миючим порошком. При забрудненні волосся - його миють з використанням 3%-ної лимонної кислоти. Очі слід промивати струменем теплої води при широко відкритих віках.

В приміщеннях де працюють з радіоактивними речовинами не допускається:

- перебування співробітників без засобів індивідуального захисту;
- зберігання харчових продуктів та інших предметів, які не мають прямого відношення до виконуваних робіт;
- вживання їжі, паління цигарок, користування косметикою.

До безпосередньої роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючого випромінювання допускаються особи, старші 18 років, які пройшли обов'язковий медичний огляд і мають допуск до роботи.

Обов'язковим є щоденний радіаційний контроль за рівнем забруднення робочих поверхонь, обладнання, шкіряних покривів та спецодягу персоналу.

Два рази на місяць контролюють вміст радіоактивних речовин в повітрі робочих приміщень, та один раз в квартал - в стічних водах.

Щомісячно проводиться індивідуальний контроль за дозами опромінення обслуговуючого персоналу.

Хід роботи

1. Ознайомитися з основними санітарними правилами при роботі з радіоактивними речовинами.
2. Встановити групу токсичності радіонуклідів (згідно варіанту табл.1.3).

Таблиця 1.3

Вихідні дані

Радіонукліди	Номер варіанту									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	Pb - 210	Sr- 90	Na- 24	Ra- 226	P- 32	Ra- 223	S- 35	K- 42	Th- 227	Pu- 239
б	Cs- 137	H-3	Am- 24	C- 14	Co- 60	P- 33	Po- 210	Cu- 64	Sr- 92	Pt- 197
в	B- 131	Sr- 91	Y- 91	Ru- 106	Zr- 93	Sr- 89	Y- 93	Pu- 240	Ba- 140	Mn- 56

3. Ознайомитися з основними видами захисту від випромінювання.
4. Охарактеризувати основні санітарні правила індивідуального захисту та особистої гігієни при роботі з радіоактивними речовинами.
5. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте групи радіотоксичності радіонуклідів.
2. Що таке шар половинного послаблення?
3. Охарактеризуйте величину шару половинного послаблення γ -випромінювання для різних матеріалів, встановіть найбільш ефективний матеріал.
4. Охарактеризуйте властивості альфа, гама, бета випромінювань.
5. З'ясуйте засоби захисту людини від альфа, гама, бета випромінювань.

Практична робота 2

Тема: *Методики відбору та підготовки зразків навколишнього природного середовища для проведення радіометричних вимірювань.*

Мета роботи: *ознайомитися з методами відбору та підготовки зразків для проведення радіометричних вимірювань.*

Основні поняття

Відбір проб зразків навколишнього природного середовища. Завданням *радіометрії* є контроль за радіоактивним забрудненням об'єктів навколишнього середовища, які мають пряме відношення до життєдіяльності людини: вода, повітря, ґрунт, продукція рослинництва та тваринництва. Всі операції, що стосуються відбору проб, їх зберігання, підготовки до вимірювання, проведення вимірювань та статистичної оцінки результатів вимірювань для одержання співставних результатів проводяться згідно єдиних методичних рекомендацій.

Сумарну β -активність визначають з метою здійснення контролю за забрудненням досліджуваних об'єктів. Перелік радіонуклідів, наявність яких перевіряють з допомогою радіохімічних та γ -спектрометричних методів досліджень залежить від можливої присутності останніх в середовищі.

Проба, що відбирається повинна бути типовою для об'єкта, а маса її достатньою для одержання золи при проведенні радіохімічного аналізу.

Середня проба формується із 8 - 10 "точкових" проб зважується, поміщається у відповідну тару, складається в ящик, опечатується та етикетується. При взятті проби складається акт, де відмічаються назва об'єкту, місце та дата відбору зразка (проби), ким відібрано та інші відомості.

Одночасно проводиться вимірювання γ -фону на рівні 0.7 - 1.0 м над рівнем ґрунту з допомогою приладу СРП-68-01 і записом отриманих даних. Математична обробка одержаних даних передбачає визначення середньої арифметичної величини (M), помилку середнього значення (m), та інші статистичні величини.

Відбір проб ґрунту. Відбір проводять методом "конверту" в 5 місцях з стороною квадрату 100 м. Вибирається шар ґрунту 15x15 см і глибиною 5 см на віддалі не менше 200 м від дороги. Маса середньої проби - 1 кг.

Відбір проб рослин. Проводять на тих же ділянках що і ґрунту у 8 - 10 місцях, шляхом зрізання надземної маси (без ґрунту) ножем або ножницями по діагоналі або ломаній кривій. Із скирд - на висоті 1 - 1.5 м від ґрунту та з глибини не менше 0.5 м. З буртів - з глибини 0.3 - 0.5 м. Маса середньої проби - 2 кг.

Відбір проб зерна. Проби зерна відбираються із кузовів автомобілів шупом вручну або пробовідбірником по всій глибині в 4 - 8 місцях на віддалі 0.5 - 1.0 м від бортів. При завантаженні (вивантаженні) зерна із потоку зерна через рівні проміжки часу протягом всього часу перевантаження. З партії мішків - через одного, якщо партія до 10 мішків включно. З партії мішків від 10 до 100 - із 5 мішків, плюс 5% від кількості мішків в партії. З партії понад 10 мішків - із 10 мішків, плюс 2.5% від кількості мішків в партії. Із зашитих мішків - шупом в 3-х доступних точках. Об'єднану пробу формують із точкових проб, маса яких не менше 2 кг.

Відбір проб корене-бульбоплодів. Проводять з одного сорто типу кормів (заготовлені з одного поля та зберігаються в однакових умовах) по діагоналі бокової поверхні бурта, або середньої лінії кузова через рівні віддалі на глибині 20-30 см. Середню пробу масою 1.0 - 1.5 кг формують із об'єднаної, відбираючи по 20% від крупних, середніх та дрібних корене-та бульбоплодів.

Відбір проб трав та зеленої маси. Трави з пасовищ або сіножатеї відбирають (зрізують на висоті 3-5 см) перед випасанням або косінням у 8 -10 місяцях. Розмір облікової ділянки 1 - 2 м² по діагоналі. Із зеленої маси перед згодовуванням вручну в 10 місяцях відбирають по 400 - 500 г. Середню пробу масою 1.5 - 2.0 кг формують по 150 - 200 г з 10 місць.

Відбір проб грубих кормів. Сіно та солому відбирають рівномірно по периметру скирд або стогів на висоті 1.0 - 1.5 м від поверхні ґрунту з глибини 0.5 м. Середню пробу, масою 1 кг формують із 10 точок по всій товщині та площі об'єднаної проби.

Відбір проб молока та молокопродуктів. На фермах, молокозаводах молоко відбирають із ємкостей після перемішування пробовідбірником з різної глибини. Середня проба молока 0.2 - 10.0 літрів в залежності від величини партії, інших молокопродуктів - сиру, масла 0.3 - 0.5 кг.

Відбір проб м'яса та м'ясопродуктів. Проби м'яса та м'ясопродуктів відбирають на забійних пунктах, м'ясокомбінатах та ринках від туш та напівтуш (без жиру) по 30 - 50 г в області 4-го та 5-го шийного хребця, лопатки, бедра та товстих частин спинних м'язів загальною масою 0.2 - 0.3 кг. Проби внутрішніх органів - печінка, нирки, селезінка, легені відбирають масою 0.1 - 0.2 кг, щитовидна залоза аналізується повністю. М'ясо птиці відбирають в кількості 1/4 тушки, курчата - аналізуються повністю.

Відбір проб води. Проводиться з перемішаної однорідної маси. Маса проби 100 - 200 г.

Підготовка проб до радіометрії.

Прийомку та попередню обробку проб проводять в спеціально обладнаних приміщеннях, перевірку радіоактивності поверхні упаковки індикаторним приладом СРП-68-01. Матеріал попередньо очищається від ґрунту і

подрібнюється. Швидко оцінку відносної забрудненості проби проводять експрес-методом без попередньої підготовки матеріалу.

Для більш глибокого аналізу матеріалу з малою активністю проби попередньо збагачують такими послідовними методами:

- висушування попередньо зваженої проби спочатку в приміщенні (або під сонцем) а потім в сушильному шкафу до постійної маси при t 80 - 100°C. Молоко підкислюють соляною або оцтовою кислотою, випарюють на плитках або під інфрачервоними променями з додаванням нових порцій молока до утворення сухого залишку, який доводять до постійної ваги в сушильному шкафу при t 100°C. М'ясо після відділення від жиру, сухожилля та кісток прив'ялюють при кімнатній температурі, після чого висушують в сушильному шкафу до постійної ваги. Водні проби упарюють до сухого залишку з послідовним озоленням та радіометрією;

- обуглювання сухого залишку досягають шляхом прокалювання на електричних плитках. Рослинні залишки спалюють в металевій банці до зникнення диму;

- озолування обуглених залишків проводять в муфельних печах при поступовому підвищенні t до 400 - 450 (для кісток 500 - 600) °C при промішуванні протягом 2-4 годин (для рослинних проб) та 5 - 15 годин для інших матеріалів. Ознака готовності - світло-сірий колір залишку.

Охолоджений в ексикаторі до кімнатної температури залишок зважують для визначення **коефіцієнта озолення (Коз.)**:

$$\text{Коз.} = m_2/m_1,$$

де m_2 - маса сирієї золи, г; m_1 - маса золи, г.

Для рідких (молоко, вода) проб при переході до мілілітрів вводять додатковий множник - 10^{-3} , а m_1 - об'єм проби води або молока. Одержану золу в тій же чашці

шляхом розтирання доводять до порошкоподібного стану, відважують на стандартній алюмінієвій пластині 200 - 300 мг, розрівнюють, ущільнюють і проводять радіометрію.

Хід роботи

1. Випишіть вихідні дані (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1

Вихідні дані

№ варіанта	Вид проби	
	а	б
1.	грунт	Молока
2.	Зерно	М'яса
3.	Коренеплоди	М'ясопродуктів
4.	Рослин	Води
5.	Грубих кормів	Трави
6.	Зелені корми	Коренеплоди
7.	Трави	Рослин
8.	Молока	Зелені корми
9.	М'яса	грунт
10.	Води	Зерно

2. Встановіть основні вимоги до відбору проб для радіометричного аналізу.
3. Відберіть для аналізу запропонований вид проби.
4. Обґрунтуйте та здійсніть підготовку проби до радіометричного аналізу .
5. Зробіть висновки.

Питання для самоконтролю

1. Які особливості відбору проб зразків навколишнього середовища для радіометричного аналізу.
2. Яким чином відбирають грунт для радіометричного аналізу.

3. Яка повинна бути маса проби коренеплодів для радіометричного аналізу.
4. Встановіть особливості підготовки проб для радіометричного аналізу.

Практична робота 3

Тема: *Вивчення основних методів вимірювання радіоактивності*

Мета роботи: *ознайомитися та вивчити основні методи вимірювання радіоактивності.*

Основні поняття

Радіоактивність препаратів можна визначити абсолютним, розрахунковим і відносним методами. Для аналізу проб ветеринарного нагляду, які мають складний радіонуклідний склад, використовують спектрометричні методи вимірювання радіоактивності.

Кількість імпульсів за хвилину, яку одержують при радіометрії радіоактивних препаратів, ще не є істинною радіоактивністю, оскільки лічильною установкою реєструються не всі, а лише частина радіоактивних перетворень. Для визначення фактичної величини радіоактивності (розп./хв або в одиницях Кюрі) використовують абсолютний, розрахунковий та відносний методи.

Абсолютний метод. Суть даного методу полягає в прямому відліку кількості актів розпаду в умовах використання 4-π геометрії, при якій активність виражається в одиницях кюрі або бекерель. Конструкція 4-π лічильників дозволяє розмістити вимірюваний зразок безпосередньо

всередині лічильника, і в такий спосіб реєструвати всі акти розпаду. Тому така конструкція лічильника дозволяє проводити розрахунки активності без введення поправок. Метод не знайшов широкого застосування, внаслідок високої вартості 4-π лічильників та складності приготування проб для радіометрії.

Розрахунковий метод. Імпульси, що надходять від лічильника подаються на спеціальний перерахунковий прилад з послідуною їх математичною обробкою. Число зареєстрованих приладом імпульсів за одиницю часу в даному випадку буде **менше** фактичної їх кількості. Це має місце зокрема тому, що не всі частинки потрапляють в робочий (чутливий) об'єм приладу, що викликає необхідність введення поправки на геометрію.

Для визначення фактичної активності в кюрі, (А, Кі) виникає необхідність введення в формулу розрахунків ряд поправочних коефіцієнтів, які враховують поглинання випромінювання повітрям, фактор розсіювання та інші.

$$A, K_i = N_{\text{opr}} / (W \times E \times K \times \rho \times q \times r \times \gamma \times m \times 2,22 \times 10^{12})$$

де N_{opr} - швидкість лічби від проби, імп./хв без фону; W - поправка на геометричні умови вимірювання (тілесний кут); E - поправка на розрахунковий час лічильної установки; K - поправка на поглинання випромінювання в повітрі та стінці лічильника; ρ - поправка на самопоглинання в товщі препарату; q - поправка на зворотнє розсіювання від підкладки; r - поправка на схему розпаду; γ - поправка на γ -випромінювання при змішаному β - та γ -випромінюванні; m - наважка вимірювального препарату, мг; $2,22 \cdot 10^{12}$ - перехідний коефіцієнт ($1 \text{ Кі} = 2,22 \cdot 10^{12} \text{ розп./хв}$).

Для визначення питомої активності (Кі/кг), в чисельник вводиться додатковий коефіцієнт $1 \cdot 10^6$, для переходу від мг до кг.

Складність застосування розрахункового методу обумовлюється необхідністю проведення розрахунків для більшості названих коефіцієнтів.

Поправку на геометрію рахунку (W) вводять тому, що поскільки вимірюваний препарат розміщений на певній віддалі від лічильника, не всі частинки потрапляють в його чутливий (робочий) об'єм. Дана поправка буде меншою, коли площа препарату буде меншою площі робочої поверхні лічильника, а віддаль між ними мінімальною.

Поправка E - вводиться лише в тому випадку, коли швидкість лічби від препарату перевищує розрахункову (номінальну) здатність лічильної установки. В іншому випадку $E = 1$.

Поправка на поглинання β -частинок шаром повтря та вікном лічильника K вводиться тільки для β -частинок, так як поглинання γ -випромінювання незначне.

Поправка на самопоглинання випромінювання в препараті ρ враховує в скільки разів щільність препарату ($\text{мг}/\text{см}^2$) більше (менше) шару половинного послаблення ($\Delta 1/2$) даного радіоізоотопу. Шар препарату вважається тонким при щільності ($d < 0.1 \Delta 1/2$), проміжним ($d > 0.1 \Delta 1/2$); та товстим при ($d > 4 - 5 \Delta 1/2$). При вимірюваннях в тонкому та товстому шарах дана поправка не вводиться.

Поправка на зворотнє розсіювання q враховує в скільки разів швидкість лічби від препарату на підкладці вища, в порівнянні з швидкістю лічби без підкладки. Поправка вводиться тому, що частина β -частинок, що виходять з препарату в сторону підкладки, відбивається від неї, і певна їх кількість потрапляє в лічильник. Зворотнє розсіювання досить незначне для тонких підкладок з легких матеріалів (хлорвініл, відмита рентгенівська плівка) і навпаки досягає 70-80% для тяжких елементів (свинець, платина та інших). При товщині активного шару від $1.5 \Delta 1/2$ та вище поправка пріврівнюється до 1.

Поправка на схему розпаду r для чистих β -випромінювачів (вихід β -частинок 100%) становить 1. При виході β -частинок, наприклад 89% (у К-40 11% ядер розпадається по К-захвату) $r = 0.88$.

Поправку на γ -випромінювання враховують при вимірюванні активності змішаних випромінювачів (Со-60 має 100% β -випромінювання, але β -розпад супроводжується γ -випромінюванням), яке і враховується.

Відносний метод. Даний метод ґрунтується на порівнянні швидкості лічби від препарату з відомою активністю (еталон), з такою ж пробою, що вимірюється з невідомою активністю, одержаних в абсолютно однакових умовах вимірювання. Швидкість лічби (імпл./хв) не тотожна активності (розп./хв), але пропорційна їй, як по відношенню до еталона, так і вимірюваної проби. Цю пропорційність можна виразити рівнянням:

$$A_{\text{ет}} : N_{\text{оет}} = A_{\text{пр}} : N_{\text{опр}}$$

де $A_{\text{ет}}$ і $A_{\text{пр}}$ - активність еталона і проби, $N_{\text{оет}}$ і $N_{\text{опр}}$ - швидкість лічби від еталона і проби.

Активність проби із рівняння становить:

$$A_{\text{пр}} = A_{\text{ет}} \times N_{\text{опр}} / N_{\text{оет}}$$

Відносний метод досить точний, порівняно простий, швидковиконуваний, має достатню достовірність, і тому знаходить широке застосування в радіометрії радіоактивних ізотопів. Підвищення достовірності результатів визначення активності досягається вибором відповідного еталона та за однакових умов проведення радіометрії для еталона і препарату.

Вимоги до еталону: вид випромінювання має бути таким же як і в досліджуваній пробі; енергія випромінювання

еталону і проби повинна бути однаковою або близькою;
схема розпаду ізотопів в них не повинна істотно відрізнятись.

Краще, коли еталон містить той же препарат, який знаходиться в досліджуваній пробі, в іншому випадку використовують еталон, виготовлений з іншого ізотопу, але з врахуванням вищезгаданих вимог.

Зокрема в якості еталона використовують природний радіоізотоп К-40, виготовлений із хімічно чистої солі хлористого калію.

Умови вимірювання

Вимірювання проводять в строго однакових умовах, на одному приладі, з одним детектором, на підкладках з однакового матеріалу однакової товщини і розміру, на однаковій віддалі від джерела.

Перехід від швидкості лічби в імп./хв до дійсної активності в розп./хв або Кі/кг виконується множенням швидкості лічби проби ($N_{\text{опр, імп./хв}}$) на визначений з допомогою еталона коефіцієнт перерахунку (К зв'язку). Для розрахунку останнього дійсну активність еталона в розпадах (або кюрі) ділять на швидкість лічби еталону в імп./хв.

$$K = A_{\text{ет}}/N_{\text{оет}}$$

Після визначення К зв'язку для конкретних умов вимірювання, його використовують при визначенні активності проб з аналогічним ізотопу випромінюванням в тих же умовах вимірювання.

Активність вираховується шляхом множення швидкості лічби на коефіцієнт К зв'язку:

$$A_{\text{пр}} = N_{\text{опр}} \times K \text{ зв'язку.}$$

Хід роботи

1. Ознайомитися з основними методати вимірювання радіоактивності.

2. Виписати вихідні дані (табл. 3.1) згідно варіанта.
3. Визначити фактичну активність в кюрі, (А, Кі) розрахунковим методом при запропонованих умовах вимірювання* та значеннях поправочних коефіцієнтах.

Умови вимірювання*. Вимірювання проводяться в тонких та товстих шарах. Товщина активного шару на підкладці становить 1,5 - 2 Δ 1/2. Активність препарату не перевищує розрахункову (номінальну) здатність лічильної установки. При вимірюванні активності препарату КСІ, наважка масою 300мг, одержано активність 26,4 імп/хв. Визначити активність даного препарату в одиницях кюрі та бекерель, а також питому активність, Кі/кг, Бк/кг.

Таблиця 3.1

Вихідні дані

	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W	0,04	0,05	0,1	0,06	0,4	0,09	0,03	0,3	0,04	0,3
K	0,6	0,2	0,5	1,2	1,4	1,3	0,1	0,4	0,7	1,2
r	0,54	0,62	0,98	0,51	0,45	0,77	0,43	0,51	0,88	0,57
γ	1,08	1,25	1,41	1,19	1,02	1,05	1,08	1,18	1,27	1,19

Питання для самоконтролю

1. Якими методами можна визначити радіоактивність препаратів.
2. Розкрийте сутність абсолютного, розрахункового і відносного методу визначення радіоактивності препаратів.
3. Чим обумовлена складність застосування розрахункового методу.
4. Обґрунтуйте переваги абсолютного, розрахункового і відносного методу визначення радіоактивності препаратів

Практична робота 4

Тема: Призначення та класифікація приладів радіаційного контролю.

Мета роботи: ознайомитися з приладами радіаційного контролю та навчитися вимірювати основні радіоекологічні показники за допомогою цих приладів.

Основні поняття

Згідно “Основних санітарних правил з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючих випромінювань ОСП-72/87” в загальне поняття “радіаційний контроль” входить чотири види контролю при проведенні будь-яких радіаційно небезпечних робіт: дозиметричний, радіометричний, індивідуальний доз контроль та спектрометричні вимірювання. Відповідно з цим усю апаратуру радіаційного контролю поділяють на чотири групи:

I – дозиметричні прилади, які призначені для вимірювання потужності дози (рівня радіації). Крім цього, до I групи відносять також індикатори-сигналізатори – найпростіші прилади для виявлення іонізуючих випромінювань або сигналізації про перевищення заданого порогу радіації.

II – радіометричні прилади, з допомогою яких визначають радіоактивне забруднення поверхні різних предметів, а також їх питому активність (радіоактивність). Радіометром можна виміряти радіоактивне забруднення обладнання, транспортних засобів, одягу, радіоактивність продуктів, сировини та різних об’єктів навколишнього середовища.

III – портативні, мініатюрні переносні прилади, які призначені для індивідуального дозиметричного контролю.

Ці прилади дозволяють виміряти одержану людиною дозу в конкретній ситуації або за визначений період роботи та часу.

IV – спектрометричні пристрої, які дозволяють встановити спектр радіонуклідів, ізотопів в будь-якому радіоактивно забрудненому об'єкті.

В основі роботи дозиметричних і радіометричних приладів, використовують наступні методи індикації:

- **ІОНІЗАЦІЙНИЙ**, який базується на властивості випромінювання іонізувати будь-яке середовище, через яке воно проходить, в тому числі і детекторних пристроїв приладу. Вимірюючи іонізуючий потік, одержують інформацію про інтенсивність радіоактивних випромінювань ;

- **СЦИНТИЛЯЦІЙНИЙ**, який дозволяє реєструвати спалахи світла, що утворюються в сцинтиляторі під дією іонізуючих випромінювань, яке фотоелектронним примножувачем перетворюється в електричний струм. Вимірний анодний струм фотоелектронного примножувача та швидкість підрахунку пропорційна рівням радіації;

- **ЛЮМІНЕСЦЕНТНИЙ**, який базується на ефектах радіофотолюнесценсії і радіотермолюмінесценсії. В першому випадку під дією іонізуючих випромінювань в люмінофорі утворюються центри фотолюмінісценції , що включають атоми і іони срібла, які викликають видиму люмінесценцію, пропорційну рівням радіації. В другому випадку під дією теплового нагріву, дозиметри перетворюють поглинуту енергію іонізуючих випромінювань в люмінесцентну, інтенсивність якої пропорційна дозі іонізуючих випромінювань;

- **ФОТОГРАФІЧНИЙ** – цей метод дозиметрії базується на властивості іонізуючих випромінювань діяти на чутливий шар фотоматеріалів аналогічно видимому світлу. За ступенем почорніння можна судити про інтенсивність діючого на

плівку іонізуючого випромінювання з врахуванням часу цієї дії;

- **ХІМІЧНИЙ** базується на вимірюванні виходу радіаційно-хімічних реакцій, які протікають під дією іонізуючих випромінювань в рідких та твердих хімічних системах;

- **КОЛОРИМЕТРИЧНИЙ**, який базується на вимірюванні кількості теплоти, яка виділяється в детекторі при поглинанні енергії іонізуючих випромінювань;

- **НЕЙТРОННО-АКТИВАЦІЙНИЙ**, пов'язаний з вимірюванням наведеної активності і в деяких випадках є одним із можливих методом реєстрації, особливо слабких нейтронних потоків, так як наведена ними активність дуже мала для надійних вимірювань звичайними методами.

Прилади радіаційної розвідки та дозиметричного контролю

Для виявлення і виміру іонізуючих випромінювань радіоактивних речовин використовуються дозиметричні прилади - рентгенометри, радіометри-рентгенометри, індикатори, індивідуальні дозиметри.

Рентгенометр ДП-2 використовується для виміру потужностей доз гамма-випромінювання в діапазоні від 0 до 200 Р/г. Весь діапазон розбито на три піддіапазони: перший - від 0 до 2 Р/г, другий - від 0 до 20 Р/г, а третій - від 0 до 200 Р/г. Прилад працездатний в інтервалах температур від -0 до +50 °С та відносній вологості повітря до 98%. Джерело живлення - сухий елемент 1,6-ПМЦ-У-8 (145У) - забезпечує безперервну роботу протягом 60 годин. Маса приладу - біля 3,5 кг.

Бортовий рентгенометр ДП-3Б використовується для проведення радіаційної розвідки місцевості на літаках, вертольотах, автомобілях, локомотивах, суднах та інших рухомих засобах. Він призначений для виміру потужностей доз гамма-випромінювання на місцевості в діапазоні від 0,1

до 500 Р/г. Весь діапазон вимірювань потужностей доз гамма-випромінювань розбито на чотири піддіапазони: перший - від 0,1 до 1 Р/г, другий – від 1 до 10 Р/г, третій - від 10 до 100 Р/г і четвертий - від 50 до 500 Р/г. Прилад працездатний в інтервалах температур від -0 до +50 °С та відносній вологості повітря до 98%. Живлення рентгенометра здійснюється від бортової мережі постійного току з номінальною напругою 12 або 26 В. Маса робочого комплекту приладу складає біля 4,4 кг.

Рентгенометр авіаційний напівавтоматичний РАП-1 призначений для проведення радіаційної розвідки місцевості з літаків і вертольотів. Забезпечує вимір потужностей доз гамма-випромінювання на місцевості від 0,5 до 500 Р/г при висоті польоту від 100 до 500 м. Прилад забезпечує напівавтоматичне приведення результатів виміру потужностей доз на висоті польоту до висоти один метр, а також фіксацію курсу, діапазонів виміру (розрахункових коефіцієнтів послаблення), часу польоту і відмітки орієнтирів. Час виміру і реєстрації на фотоплівці не перебільшує 2 с. Живлення приладу здійснюється від бортової мережі перемінного току напругою 115 В ± 3%, частотою 400 Гц; живлення блоку фотозапису і схеми обігріву приладу - постійним струмом напругою 27 В ± 10%. Маса приладу без блоку фотозапису і з'єднувальних кабелів не перебільшує 25 кг.

Вимірювач потужності дози (рентгенометр) ДП-5Б призначений для вимірювання рівнів гамма-радіації і радіоактивного зараження різних предметів за гамма-випромінюванням. Потужність дози гамма-випромінювання визначається в мР/г або Р/г. Діапазон вимірювання від 0,05 мР/г до 200 Р/г. Весь діапазон розділено на наступні піддіапазони:

Таблиця 4.1

Піддіа-	Положення	Шкала	Одиниця	Діапазон
---------	-----------	-------	---------	----------

пазони	ручки перемикача		виміру	виміру
Перший	200	0-200	Р/г	5-200
Другий	X 1000	0-5	мР/г	500-5000
Третій	X 100	0-5	мР/г	50-500
Четвертий	X 10	0-5	мР/г	5-50
П'ятий	X 1	0-5	мР/г	0,5-5
Шостий	X 0,1	0-5	мР/г	0,05-0,5

Прилад забезпечує вимірювання в інтервалах температур від 0 до +50 °С та відносній вологості повітря 65±15 %. Живлення приладу здійснюється від трьох елементів 1,6-ПМЦ-У-1,05 (321), Ідо забезпечує безперервну роботу приладу протягом 40 год. Маса приладу з елементами живлення - 2,8 кг, в упаковці - 7,6 кг.

Вимірювач потужності дози ДП-5В призначений для вимірювання рівнів гамма-радіації і радіоактивного зараження різних предметів за гамма-випромінюванням, а також може виявляти бета-випромінювання.

Потужність дози гамма-випромінювання визначається в мР/г або Р/г. Діапазон вимірювання - від 0,05 мР/г до 200 Р/г. Прилад має шість піддіапазонів і звукову індикацію на всіх піддіапазонах, окрім першого.

Прилад забезпечує вимірювання в інтервалах температур від -0 до +50 °С та відносній вологості повітря 65 ±15 %. Живлення приладу здійснюється від трьох елементів А-336, що забезпечує безперервну роботу приладу протягом 10 г. Маса приладу з елементами живлення - 3,2 кг, в упаковці - 8,2 кг.

Вимірювач потужності дози ИМД-1р (ИМД-1с) призначений для проведення радіаційної розвідки місцевості і визначення ступеню забруднення особового складу сил ДО і населення, продовольства, фуражу, озброєння і техніки радіоактивними речовинами за гамма-випромінюванням і для виявлення бета-випромінювання.

Діапазон виміру - від 0,01 мР/г до 999 Р/г. Звукова сигналізація при потужностях доз: 0,1 мР/г, 300 мР/г, 0,1 Р/г, 300 Р/г. Час переведення приладу в робочий стан - 1 хв.

Живлення приладу здійснюється від чотирьох елементів А-343 або акумуляторної батареї напругою від 10,8 до 30 В.

Промисловістю випускається модифікація приладу ИМД-1с, який використовується у стаціонарних умовах. Особливістю цього приладу є наявність блоку живлення від мережі перемінного струму напругою 220 В.

Радіометр КРБ-1 призначений для контролю ступеню забруднення поверхні бета-активними речовинами з діапазоном виміру від $1 \cdot 10^1$ до $1 \cdot 10^7$ розп./см² за хвилину (від 4,5-10-2мкКі/м² до 45 мКі/м²), який розбито на шість піддіапазонів.

Час встановлення режиму роботи приладу складає 1 хв., а вимір на 1-3 піддіапазонах - до 200 с, на 4-6 піддіапазонах - до 100 с. Живлення приладу - від трьох елементів А-336, маса приладу - 14,4 кг.

Сцинтиляційний геологічний розвідувальний прилад СРП- 68-01 призначений для виявлення джерел іонізуючих випромінювань за гамма-випромінюванням і виміру потужності дози гамма-випромінювання.

Можливе використання для радіометричних аналізів продуктів харчування, води, фуражу за гамма-випромінюванням.

Діапазон вимірів - від 0 до 3000 мкР/г, час переведення в робочий режим складає 1 хв. Живлення приладу - від 9 елементів А-343, що забезпечує безперервну роботу приладу протягом 8 годин. Маса робочого комплексу - 3,6 кг, в упаковці - 9,5 кг.

Дозиметри ДРГ-01Т1 та ДБГ-06Т призначені для виміру потужності експозиційної дози гамма-випромінювання на робочих місцях, в сусідніх приміщеннях і на території об'єктів, що використовують радіоактивні

речовини та інші джерела іонізуючих випромінювань, в санітарно-захисній зоні і зоні спостереження.

Може використовуватися для контролю ефективності біологічного захисту, радіаційних упаковок і радіоактивних відходів, а також виміру потужності експозиційної дози у період виникнення, проходження і ліквідації наслідків аварійної ситуації.

Забезпечує вимір потужності експозиційної дози в діапазоні - від 0,01 мР/г до 99,99 Р/г у режимах "Пошук" (від 0,01 мР /г до 39,99 Р/г) і "Вимір" (0,01 мР/г до 99,99 Р/г). Кожний режим роботи приладу включає по два піддіапазони.

Час встановлення робочого режиму - до 40 с. Живлення приладу здійснюється від елемента типу "Корунд", що забезпечує безперервну роботу протягом 24 годин. Маса приладу - 0,5 кг.

Радіометр бета-гамма-випромінювання "Прип'ять" призначений для індивідуального і колективного користування при вимірі потужності еквівалентної (експозиційної) дози гамма-випромінювання, щільності потоку бета-випромінювання і об'ємної (питомої) активності в рідких і сипучих речовинах.

Діапазони виміру для: фотонного іонізуючого випромінювання від 0,1 до 199,9 мкЗв/г; щільності потоку бета-випромінювання - від 10 до $19,9 \cdot 10^3$ см²·хв; питомої (об'ємної) активності бета-випромінювання ізотопів в рідких і сипучих речовинах - від $1,4 \cdot 10^3$ до $3,7 \cdot 10^{-3}$ Бк/ кг (Бк/л) або $2 \cdot 10^{-3}$ - $1,1 \cdot 10^{-7}$ Кі/кг (Кі/л). Час встановлення робочого режиму до 5 с, а час встановлення показників за вибором оператора - 20 с; 200 с - при вимірі ПЕД і щільності бета-часток; 10 хв. і 100 хв. - при вимірі питомої активності.

Живлення приладу - від елемента типу "Крона" або "Корунд", а також зовнішнього джерела напругою від -1 до 12 В. Час безперервної роботи від мережі перемінного струму -

не менше 24 годин. При автономному живленні - не більше 6 годин. Маса приладу - 0,25 кг.

Дозиметр-радіометр побутовий АНРИ-01 "Сосна" призначений для індивідуального користування населенням з метою контролю радіаційної обстановки на місцевості, в жилих і робочих приміщеннях.

Діапазони виміру: потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) - від 0,01 до 9,999 мР/г; польової еквівалентної дози (ЕД) гамма-випромінювання - від 0,1 до 99,99 мкЗв/г. Час виміру - до 20 с. Живлення приладу - від елемента типу "Корунд", що забезпечує безперервність роботи протягом 6 годин. Маса приладу - 0,35 кг.

Дозиметр побутовий "Майстер-1" відповідає призначенню дозиметру "Сосна". Діапазон виміру: потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) - від 10 до 999 мкР/г; польової еквівалентної дози (ЕД) гамма-випромінювання - від 0,1 до 0,999 мкЗв/г. Час виміру - до 36 с. Живлення приладу - від 4 елементів СЦ-32. Маса приладу - 0,1 кг.

Індикатор зовнішнього гамма-випромінювання "БЕЛЛА" призначений для виявлення і оцінки за допомогою звукової сигналізації інтенсивності гамма-випромінювання, а також визначення рівня потужності еквівалентної дози за цифровим табло.

Діапазон виміру потужності еквівалентної дози (ПЕД) - від 0,2 до 99,99 мкЗв/г. Час на встановлення робочого режиму - не більше 10 с. Живлення приладу від елементів типу "Корунд", забезпечує безперервність роботи до 20 годин. Маса - 0,25 кг.

Радіометр комбінований КРК-01А призначений для виміру концентрації бета-активних ізотопів у твердих, рідких і сипучих речовинах. Живлення приладу - від електромережі 220 В, 50 Гц.

Діапазони виміру: сумарної бета-активності в твердих, рідких і сипучих пробах - від $1 \cdot 10^{-8}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ Кі/кг; в тому числі для ізотопів йоду і фтору в питній воді - $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ Кі/л; сумарної бета-активності в питній воді - від $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ Кі/л; в тому числі для ізотопів цезію в питній воді - $1 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ Кі/л.

Бета-радіометр РБК-4-ІЕМ призначений для експресних вимірів питомої, об'ємної і масової бета-активності води, ґрунту, рослинності, харчових продуктів, а також радіоактивних газів. Має два блоки детектування.

Діапазони вимірів: проб води - від $5 \cdot 10^{-5}$ мкКі/л до 0,5 мКі/л; сипучих проб - від $5 \cdot 10^{-5}$ мкКі/кг до 0,5 мКі/кг; газів - від $5 \cdot 10^{-5}$ мкКі/л до 0,1 мКі/л. Живлення приладу - від електромережі 220 В. Час виміру - до 35 хв. Маса комплекту - 16 кг.

Прилади індивідуального дозиметричного контролю

Прилади індивідуального дозиметричного контролю (ІДК) призначені для вимірювання експозиційної, поглиненої або еквівалентної доз, одержаної людиною за час перебування її в полі дії іонізуючого випромінювання.

Сумарна доза, яка реєструється індивідуальним дозиметром, складається з доз, одержаних в послідовні проміжки часу. Індивідуальні дозиметри дозволяють мати уявлення про радіаційний вплив, якого зазнає людина за робочий день, місяць, рік.

Прилади призначені здебільшого для використання в особливих обставинах, під час воєнних дій, або в мирний час в аварійних ситуаціях.

Розрізняють прилади прямопоказуючі, в яких можна знімати відлік безпосередньо з шкали приладу, та без шкали "сліпі", покази з яких знімаються на спеціальних обладнаннях в стаціонарних умовах.

Серед дозиметрів індивідуального контролю

найбільшого поширення отримали конденсаторні іонізаційні камери, люмінесцентні і фотодозиметри.

Класифікація приладів індивідуального дозиметричного контролю:

1. **За призначенням** прилади індивідуального дозиметричного контролю класифікують на: *аварійні*, які використовують у випадку радіаційних аварій; *технологічні* - для вимірювання малих доз випромінювання; *дозиметри* для робіт в умовах особливої радіаційної небезпеки - дозиметр-сигналізатор **ДЕГ-07**.

2. **За видами реєструючих випромінювань:** *комбіновані* для вимірювання β -, γ -, та нейтронного випромінювання; для одного виду - γ -випромінювання.

3. **За видами реєструючих доз:** *експозиційну; поглинену; еквівалентну*.

4. **За діапазоном реєструючих доз:** *чутливі; середньочутливі; аварійні або грубі* - для високих доз радіації.

5. **За енергетичним спектром:** *низькоенергетичні*, до 200 кеВ; *середньоенергетичні* до 1.25 МеВ; *високоенергетичні* від 1.5 до 3.0 МеВ.

Визначення радіоактивного забруднення за допомогою радіометра РКС -20.30 “Прип’ять”

Це самий портативний, мініатюрний прилад. Він фіксує гама-бета-випромінювання та вимірює радіоактивне забруднення.

Прилад працює в трьох режимах:

1 – для вимірювання γ - фону;

2 – для визначення радіоактивного забруднення поверхні ґрунту, або трав’яного покриву, зокрема для виявлення “радіоактивних плям” ;

3 – для виявлення радіоактивного забруднення продуктів харчування.

ПОРЯДОК РОБОТИ З РАДІОМЕТРОМ:

1. Визначення γ - випромінювання. Вимірювання проводимо при наявності кришки, що знімається.

Перемикач “Живлення ” встановлюємо в положення “Вкл”, потім перемикач “ β - γ ” встановлюємо в положення “ γ ”. Перемикач “Н”- “Х” встановлюємо в одне з положень, залежно від того, в яких одиницях необхідно виміряти потужність дози: Н (мкЗв/год), або Х (мР/год). Потужність експозиційної дози Х в положенні перемикача “Межа 1” вимірюється в діапазоні 0,01-1,999 мР/год; “Межа 2” - 2,0-19,99 мР/год. Потужність еквівалентної дози в положенні перемикача “Межа 1” вимірюється в діапазоні 0,1-19,99 мкЗв/год; “Межа 2” - 20,0-199,9 мкЗв/год.

Перемикач “Час” встановити на положення “20с”. Протягом вказаного часу провести не менше 3-х вимірювань. Результати вимірювань зводимо у таблицю 4.2.

Таблиця 4. 2

Результати вимірювання γ - випромінювання

γ	значення	γ	значення
γ_1		γ_3	
γ_2		$\gamma_{ср}$	

2. Визначення щільності потоку β - випромінювання. Для оцінки щільності потоку β - випромінювання, вимірювання проводять без кришки. При цьому, поряд з потоку β - випромінюванням, детектор також реєструє γ - випромінювання. Тому при визначенні рівня β - випромінювання, необхідно від сумарного показу відняти покази, які були одержані при наявності кришки.

2.1. Перемикач живлення встановити в положення ВКЛ, потім перемикач “ β - γ ” встановлюємо у положення “ γ ”.

2.2. Перемикач “ Φ - Ам” встановлюємо в положення “ Φ ”. В положенні перемикача

“Межа 1” вимірюється в діапазоні 10^2 -1999 $\text{см}^2/\text{хв}^{-1}$, при цьому коми немає, в положенні “Межа 2” – (2,0-19,99) $10^3 \text{см}^2/\text{хв}^{-1}$, кома розміщена після другої цифри.

2.3. Перемикач ЧАС встановлюємо в положення “20с”. Вимірюють двічі: при наявності кришки і без кришки. Проводимо не менше трьох вимірювань і визначаємо середнє значення.

Якщо спостерігаються значні відхилення результатів, необхідно перевести перемикач ЧАС в режим “x10”, при цьому час вимірювання збільшиться в 10 раз.

Таблиця 4.3

Визначення щільності потоку β випромінювання

	покази без кришки	покази з кришкою	Різниця
p			

3. Визначення питомої активності. Для визначення питомої активності проби, проводять вимірювання без кришки. При цьому поряд з β випромінюванням детектор також реєструє γ - випромінювання. Тому при визначенні рівня питомої активності, з сумарного рівня необхідно відняти покази, які були отримані при наявності кришки.

При вимірюванні питомої активності, рівень фону не повинен перевищувати 0,025 мР/год. Радіометр встановлюємо на раніше приготовленій кюветі, при цьому, проба повинна знаходитись на 5 мм, нижче краю кювети, щоб не забруднився радіометр.

3.1. Перемикач ДЖЕРЕЛО встановити в положення ВКЛ. Перемикач “ β - ϕ ”, встановити в положення “ β ”.

3.2. Перемикач “ф - Ам” встановити в положення “Ам”. В режимі “Межа 1” питома активність вимірюється в межах 1×10^{-7} - 1.999×10^{-6} Ки/кг. В положенні перемикача “Межа 2” питома активність вимірюється в діапазоні 2×10^{-6} – $19,96 \times 10^{-6}$ Ки/кг з індикаційною комою після другої цифри.

3.3. Перемикач ЧАС встановити положення “10 хв.” Вимірювання проводять двічі: с кришкою та без кришки. В якості кінцевого результату приймається різниця між другим та першим відліками.

$$A^M = A^{M2} - A^{M1},$$

де A^{M1} , A^{M2} – питома активність, яка була одержана при першому та другому вимірі відповідно. Проводиться менше трьох таких вимірів, потім визначається середнє значення. Результати зводимо у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4

Визначення питомої активності

№	покази без кришки A_{m1}	покази з кришкою A_{m2}	питомої активності
1			
2			
3			
с р			

Визначення радіоактивного забруднення за допомогою дозиметра-радіометра РКГБ-01 “Горинь”

Прилад виконує функції дозиметра і радіометра і призначений для вимірювання наступних величин:

- 1 – потужності еквівалентної дози гама-випромінювання;
- 2 – щільності потоку бета-випромінювання з поверхні;

3 – звуковою сигналізацією про перевищування порогових значень потужності еквівалентної дози гама-випромінювань.

Перед тим як включити прилад необхідно зняти задню кришку-фільтр і встановити ричаги кодового перемикача s4.1 – s4.6 в положення “1”, s4.7 - s4.8 в положення “0”.

1. Визначення потужності еквівалентної дози гама-випромінювання.

1.1 Зніміть кришку фільтр і переведіть ричаги кодового перемикача в положення s4.5, s4.6,- “1” s4.7, s4.8 - “0”. Встановіть кришку фільтр. Переведіть перемикачі s3- в положення “x0.01”, s2 в положення “РАБ”. Включить прилад перемикачем s1, переводячи його в положення “ВКЛ”.

Покази які встановились на табло пі час дії звукового переривного сигналу множимо на 0,01 і одержуємо результат вимірювання потужності еквівалентної дози γ -випромінювання в мікрозівертах за годину (мкЗв/год).

1.2. Для одержання результатів вимірювання в межах допустимої похибки при потужності еквівалентної дози менше (мкЗв/год) повторюємо вимірювання в положенні “x0,001” перемикача s3. Покази приладу множимо на 0,001 і одержуємо результат в (мкЗв/год).

Таблиця 4.5

Потужність γ - випромінювань

Положення x0,01	$\gamma =$
x0,001	$\gamma_1 =$
	$\gamma_2 =$
	$\gamma_3 =$
	$\gamma_{\text{ср}} =$

2. Визначення забрудненості поверхні β -випромінюючими радіонуклідами.

2.1. Зніміть кришку-фільтр і переведіть ричаги кодового перемикача в положення s4.5- s4.7 – 1 s4.6, s4.8 – “0”. Встановіть кришку-фільтр. Переведіть перемикачі s3 - в положення “x0,01”, s2 в положення “РАБ”. Помістіть прилад на досліджувану поверхню, помістивши між приладом і поверхнею пластмасову упаковку приладу, або перемістіть прилад від поверхні на відстань не менше 1 м . Включаємо перемикач s1. Записуємо фонові покази приладу під час дії переривного звукового сигналу. Виключіть прилад.

2.2. Зніміть кришку-фільтр розмістіть прилад не більше 1см над досліджуваною поверхнею. Включіть прилад і запишіть покази приладу. Виключіть прилад. Встановіть кришку-фільтр.

Таблиця 4.6.

Визначення щільності потоку β випромінювань

№	покази без кришки	покази з кришкою	щільності потоку β випромінювань
1			
2			
3			
ср			

Хід роботи

1. Ознайомитися з приладами радіаційного контролю.
2. Ознайомитися з будовою та принципом роботи приладів радіометра РКС -20.30 “Трип’ять” дозиметра-радіометра РКГБ-01 “Горинь”
3. Підготувати прилади радіаційного контролю до роботи.
4. За допомогою приладів радіометра РКС -20.30 “Трип’ять” дозиметра-радіометра РКГБ-01 “Горинь” визначити потужність експозиційної дози гама випромінювань приміщення та запропонованих зразків.

5. Встановити щільність бета-випромінювання з поверхні зразка.
6. Визначити питому активність проби.
7. Результати вимірювань та розрахунків звести в таблиці.
8. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. За яким принципом класифікують прилади радіаційного контролю?
2. Для чого призначені дозиметричні, радіометричні прилади радіаційного контролю. Наведіть приклади приладів
3. Які методи індикації лежать в основі роботидозиметричних і радіометричних приладів радіаційного контролю.
4. З'ясуйте для чого призначені прилади індивідуального дозиметричного контролю та як вони класифікуються.
5. Розкрийте принцип роботи радіометра РКС -20.30 "Прип'ять", дозиметра-радіометра РКГБ-01 "Горинь".

Практична робота 5

Тема: Прогноз вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції.

Мета роботи: *Ознайомитися та засвоїти методику прогнозування радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції.*

Основні поняття

Рослини є важливою ланкою більшості біологічних ланцюгів, за якими мігрують радіо нукліди в природі: та початковою ланкою харчових ланцюгів, які визначають надходження радіоактивних елементів в організм тварин та

людей. Із багатьох радіоактивних елементів найбільшу біологічну небезпеку представляють довго живучі радіоізотопи цезію та стронцію, котрі мають період напіврозпаду біля 30 років і активно включаються в процесі біологічної міграції. Інші радіонукліди, які були викинуті із зруйнованого реактора мають короткий період напіврозпаду (декілька діб, місяців) або практично не беруть участі в процесах мінералізованого обміну біологічних об'єктів. Період напіврозпаду радіоізоотопів плутонія складає від 20 до 30 тисяч років, але вони практично не засвоюються в ґрунті і рослинах, і не є небезпечними для людини лише у випадку попадання в легені з пилом. Надходження цезію та стронцію в організм з продуктами харчування проходить в результаті переходу Sr-90, Cs-137 з ґрунту в рослини, а потім в продукцію рослинництва і тваринництва.

Цезій-137, є аналогом калію, тому аналогічно цьому елементу бере участь в усіх в реакціях обміну в рослинах, організмах тварин та рослини, біологічно дуже рухомий і порівняно з іншими радіонуклідами швидко виводиться з організмів тварин та людини.

Стронцій-90 хімічний аналог кальцію, для нього характерно високе засвоювання рослинами та тваринами, він повільно виводиться з організму та накопичується в кісткових тканинах.

Сам рівень забруднення сільськогосподарської продукції прямо пропорційний щільності забруднення ґрунтів. Щільність забруднення ґрунту вимірюється кількістю розпадів радіоактивних атомів, які проходять за одиницю часу на площі поверхні ґрунту.

При розробці структури посівних площ можна попередньо розрахувати очікуваний вміст Sr-90 і Cs-137 в майбутньому врожаї.

Існують прогнольні моделі за допомогою яких можна встановити рівень забруднення Cs-137

сільськогосподарських культур. Номограми визначення вмісту Cs-137 у об'єктах див. рис. 1, 2, 3

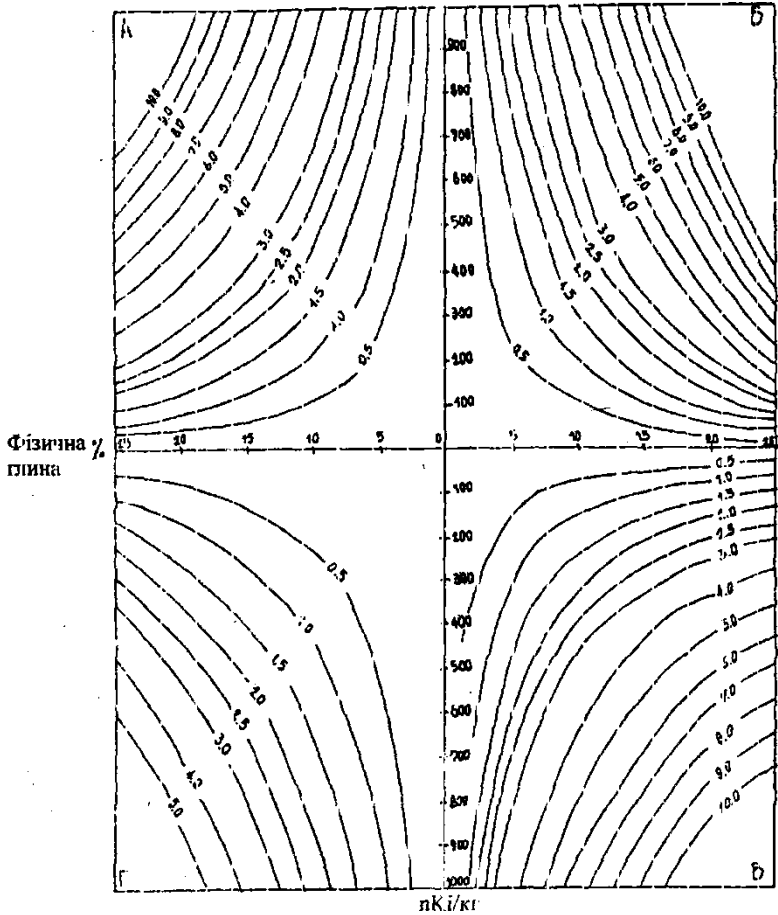


Рис. 1 Номограма визначення вмісту Cs-137(пКі/кг) у сільськогосподарських культурах в дерново-підзолистих ґрунтах різного гранулометричного складу (вміст фізичної глини, %) при різній щільності забруднення (пКі/км²) А-картопля; Б-жито; В-кукурудза на зелену масу; Г-льон.

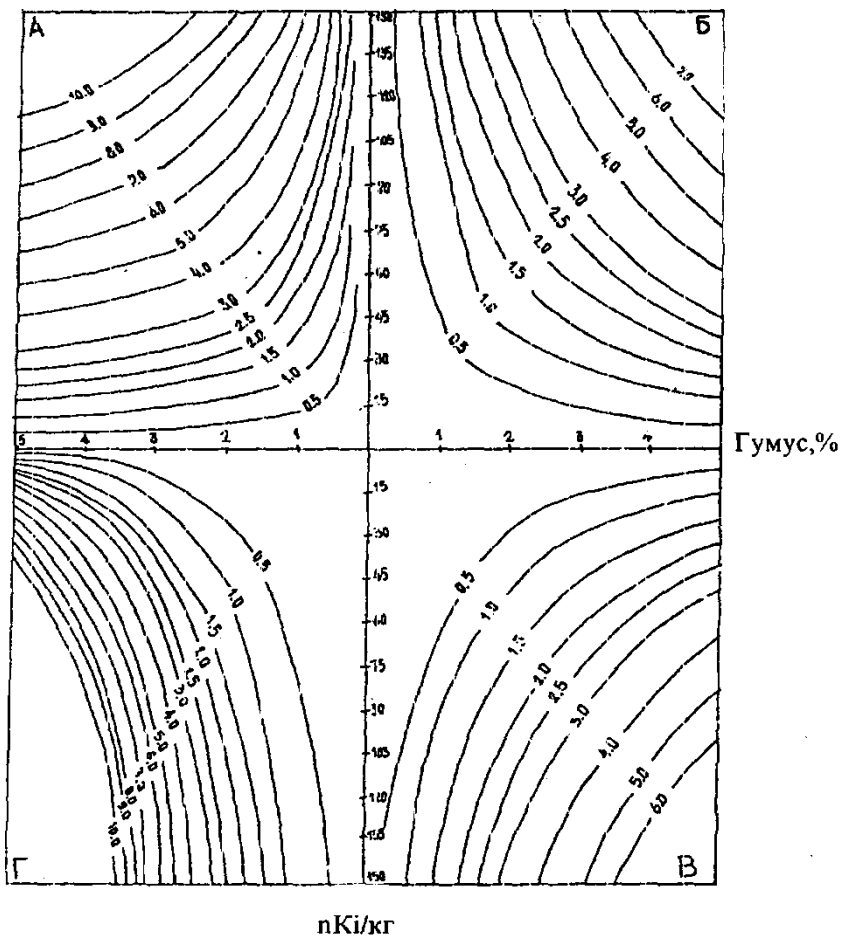


Рис.2. Номограма визначення вмісту Cs-137(nKi/кг) в сільськогосподарській продукції для легкосуглинкових ґрунтів у залежності від вмісту гумусу при різних рівнях забруднення (пКи/км²) А- жито; Б-картопля; В-кукурудза на зелену масу; Г-льон.

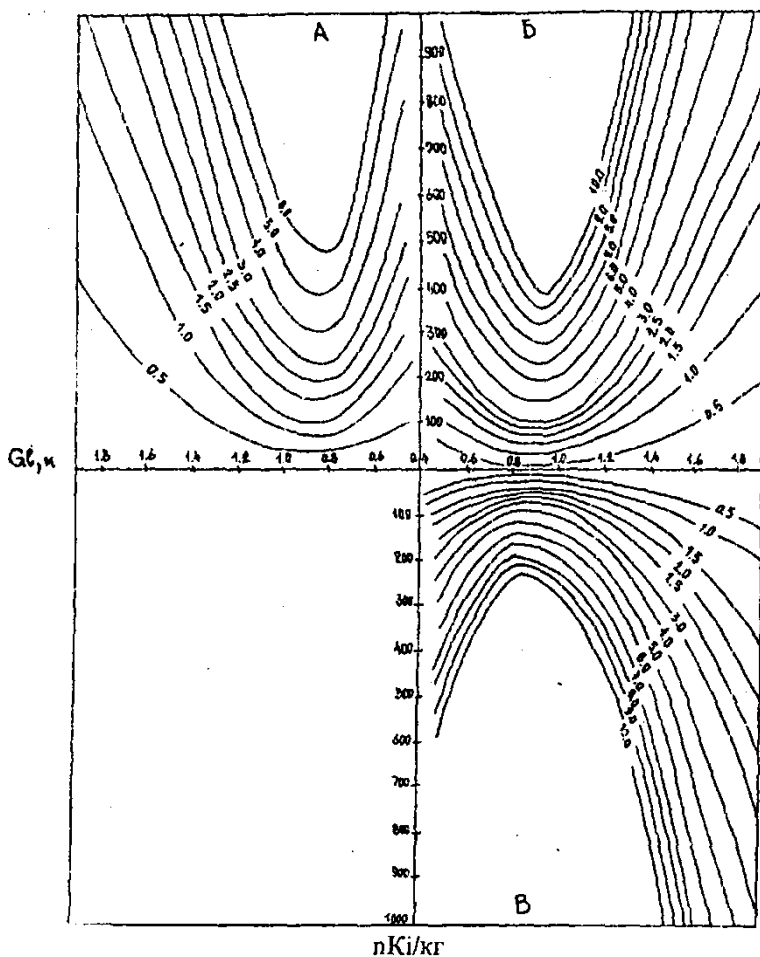


Рис.3. Номограма визначення вмісту Cs-137($n\text{Ci}/\text{кг}$) в сільськогосподарській продукції в залежності від ступеня оглееності. G_1 -глибина залягання глеєвого горизонту; А-льон; Б-картопля, жито; В-кукурудза на зелену масу.

Розглянемо розрахунок прогнозу вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції з використанням коефіцієнтом переходу (K_p). В основі цього методу прогнозу

закладені фактичні результати польових досліджень рівня забруднення ґрунту та рослин, котрі росли на ньому. Застосування цього методу прогнозу раціональне, так як коефіцієнт пропорційності можна попередньо визначити для різних сільськогосподарських культур. Коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини, залежить від типу та кислотності ґрунтів, вмісту в них гумусу, обмінного кальцію та калію. Коефіцієнти переходу із всіх типів ґрунту в рослину продукцію для Sr-90 вище, ніж для Cs-137. Sr-90 в 2-6 разів інтенсивніше поглинається бобовими культурами, ніж злаковими. Вміст Cs-137, як правило також вище в зернобобових культурах порівняно зі злаковими.

Прогнозний вміст радіонуклідів у врожаї сільськогосподарських культур (С) можна розрахувати за формулою:

$$C = K_p D, \text{ Бк/кг}$$

де K_p – коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослину; D – щільність забруднення ґрунту.

Таким чином, рівні забруднення врожаю однієї і тієї ж культури залежить як від щільності забруднення ґрунту так і від агрохімічних властивостей ґрунтів. Чим вища окультуреність ґрунту, тим нище накопичення радіо нуклідів у врожаї. У зв'язку з цим, розміщення культур із врахуванням щільності забруднення ґрунту, а також біологічних особливостей рослин різних культур дозволяє регулювати рівні забруднення врожаю та вирощувати продукцію з вмістом радіонуклідів, значно нищим тимчасово допустимих рівнів.

Хід роботи

1. Виписати вихідні дані згідно варіанту (табл.5.1)

2. Охарактеризувати тип ґрунту та навести основні агрохімічні характеристики (рН, величину гідролітичної кислотності, вміст азоту, фосфору, калію та кальцію, гумусу).
3. Визначити коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в культури (табл. 5.2, 5.3) та оцінити біологічні особливості кожної культури щодо накопичення радіонуклідів.
4. Користуючись формулою розрахувати прогнозований рівень забруднення врожаю сільськогосподарських культур згідно заданих умов.
5. Одержані прогнозні рівні порівняти з тимчасовими допустимими рівнями вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції (табл. 5.4) та визначити відсоток перевищення, коли такий існує.
6. Результати розрахунків представити у табличній формі (табл.5.5).
7. Спираючись на розрахунки підібрати культури, які можна вирощувати при даному рівні забруднення ґрунту. Обґрунтувати вилучення деяких культур з сівозміни, яка культивується на даній території.
8. Зробити висновок.

Таблиця 5.1

Вихідні дані

Показники		Остання цифра залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
а	№ культури	1, 7,	2 ,	3,	4,	5,9,	10,	11,	51,	52,	53,
		12,	8,	21	13,	18,	17	14	55	54	56
		19	20,	36,	37,	33	23,	24,	66,	57,	58,
		34,	35	43	22	44,	32	26	69	52	60
		38	39,	48,	40,	49	47,	31,	70,	67,	61,
		40	6	50		25	45	71	68	65	
Ґрунт дерново-підзолистий суніщаний											

б	№ культури	52,	68,	52,	68,	71,	61,	51,	62,	51,	57,
		56,	64,	56,	69,	70,	60,	52,	61,	52	58
		60,	70,	60,	70,	69,	56,	66,	60,	54,	59,
		61,	71,	61,	71,	68,	52,	65,	59,	55	60,
		62,	56,	62,	56,	67,	68,	64,	58,	56,	63,
		67	52	67	60	62	67	63	57	53	64
		грунт									
Дерн. підзол. піщаний				Торфово- глеєвий		Чорнозем суглин.		Чорно зем		Сірий лісовий	
Передостання цифра залікової книжки											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Щільність забруднення ґрунту, Кі/км ²											
а		14,9	10,5	12,6	4,5	5,0	8,4	7,8	5,9	7,8	11
б		15	13	8	10	2,8	3,7	6,8	7,1	11,5	12

Таблиця 5.2

Коефіцієнти переходу (K_n) цезію-137 в рослини з
дерново-підзолистого супіщаного ґрунту

Номер культури		$K_n, \frac{Бк / кг}{кБк / м^2}$	
		Основна продукція	Побічна продукція
1		2	3
		Зернові та зернобобові	
1.	Кукурудза	0,07	0,27
2.	Озима пшениця	0,11	0,43
3.	Ячмінь	0,13	0,19
4.	Тритикали	0,16	0,25
5.	Яра пшениця	0,16	0,33

6.	Просо	0,24	0,81
7.	Жито	0,24	0,28
8.	Овес	0,35	0,81
9.	Боби	0,52	1,26
10.	Гречка	0,76	0,8
11.	Соя	0,88	1,2
12.	Горох	0,91	1,45
13.	Вика	0,29	1,48
14.	Люпин жовтий	4,5	0,27
		Овочеві	
15.	Баклажани	0,013	-
16.	Цибуля ріпчаста (зел.)	0,017	-
17.	Цибуля батун (перо)	0,03	-
18.	Перець солодкий	0,05	-
19.	Кабачки Цукіні	0,06	-
20.	Кабачки Грабовські	0,06	-
21.	Гарбуз	0,06	-
22.	Патисони	0,09	-
23.	Часник	0,09	-
24.	Помідори	0,04-0,12	-
25.	Морква	0,13-0,15	-
26.	Редиска	0,15	-
27.	Петрушка	0,10	-
28.	Коліандир	0,17	-
29.	Календула	0,17	-
30.	Капуста червонокачана	0,19	-
31.	Капуста білокачанна		-
32.	Капуста брусельська	0,22	-
33.	Капуста кольрабі	0,35	
34.	Кольорова капуста	0,32	
35.	Столовий буряк	0,17	-
36.	Щавель	0,29	-
37.	Картопля	0,39	-

		Кормові	
38.	Кукурудза	0,15	-
39.	Тимофіївка	0,23	-
40.	Редька олійна	0,3	-
41.	Кормова капуста	0,43	-
42.	Рапс озимий	0,46	-
43.	Конюшина червона	0,54	-
44.	Соняшник	0,6	-
45.	Люпин жовтий	1,5	-
		Технічні	
46.	Льон зерно	0,13	-
47.	Льон соломка	0,19	-
48.	Соняшник	0,42	-
49.	Редька олійна	0,48	-
50.	Цукровий буряк	034	-

Таблиця 5.3

Коефіцієнти переходу цезію-137 з ґрунту в культури

$$\left(K_n, \frac{Bк / кг}{кБк / м^2} \right)$$

Номер культури	Грунт					
	*д.п. супіщ.	*д.п. піщ.	*торф.-глеєвий	*чорноз. важкосуглин.	*чорноз.	*сірі лісові
51. Люцерна	0,9	-	-	-	0,1	0,2
52. Конюшина	0,8-2,9	0,9	8,0	0,2	0,1	0,3
53. Вика	1,1-4,5	-	-	-	0,2	0,4
54. Люпин	0,9-	-	-	-	0,1	0,3

	2,7					
55. Горох	0,5	-	-	-	0,2	0,3
56. Кукурудза (силос)	0,6	0,2	1,6	0,05	0,1	0,3
Зерно						
57. Озима пшениця	0,4				0,05	0,2
58. Озиме жито	0,3				0,07	0,1
59. Озимий ячмінь	0,3				0,01	0,1
Овочі						
60. Картопля	0,3		0,8		0,04	0,1
61. Буряк	0,2	0,2	2,7	0,05	0,06	0,3
62. Капуста	0,1	0,4	20	0,08	0,04	0,1
63. Помідори	0,6	1,3	-	0,2	0,03	0,09
64. Огірки	0,3	-	-	-	0,03	0,06
65. Цибуля	0,3	-	-	-	0,11	0,2
66. Морква	0,2	-	-	-	0,05	0,12
Зелена маса						
Рапс	-	0,8	8,0	0,1	-	-
68. Злакові	-	0,4	4,0	0,05	-	-
69. Бобові	-	0,8	8,0	0,2	-	-
70. Овес	-	0,2	4,0	0,05	-	-
71. Ячмінь	-	0,2	0,8	0,05	-	-

* Дерново-підзолисті супіщані; *Дерново-підзолисті піщані;
*Осушені торфово-глієві; *Важко суглинистий чорнозем ;
*Чорнозем; * Сірі лісові

Таблиця 5.4

Тимчасово допустимі рівні вмісту цезію-137 та стронцію-90 в сільськогосподарській продукції, обумовлені аварією на ЧАЕС

№ п/п	Продукція	Цезій-137, Бк/кг	Стронцій-90, Бк/кг
1	Вода	20	5
2	Сіно та солома	600	200
3	Зерно фуражне	600	200
4	Зерно харчове	60	20
5	Столова зелень	40	20
6	Зелена маса	60	20
7	Садові ягоди, фрукти	70	10
8	Бурак кормовий	40	20
9	Картопля	60	20
10	Овочі	40	20
11	Зерно зернобобових	40	20
12	Круп'яні	40	20
13	Свіжі дикоростучі ягоди і гриби	500	50
14	Сушені дикоростучі ягоди і гриби	2500	250
15	Інші продукти	600	200
16	М'ясо і м'ясні продукти	200	20
17	Молоко і молочні продукти	100	20
18	Риба і рибні продукти	150	35
19	Яйця	6	2
20	Молоко згущене і концентроване	300	60
21	Молоко сухе	500	100

Таблиця 5.5

Прогнозний вміст радіонуклідів в сільськогосподарській продукції

Культура	Щільність забруднення ґрунту, Д, Бк/кв. м	Коефіцієнт переходу, Кп, Бк/кг	Вміст радіонуклідів у врожаї, С, Бк/кг	ТДР, БК /кг	Відсоток перевищення ТДР, %
1	Д	Кп1	С1	ТДР1	%
2	Д	Кп2	С2	ТДР2	%
3	Д	Кп3	С3	ТДР3	%
...
n	Д	Кп ⁿ	С ⁿ	ТДР ⁿ	%

Питання для самоперевірки

1. Наведіть приклади найбільш небезпечних з точки зору сільськогосподарського виробництва радіонукліди. Відповідь обґрунтуйте.
2. Які хімічні аналоги мають радіонукліди стронцій та цезій?
3. Від чого залежить рівень забруднення сільськогосподарської продукції?
4. Що характеризує коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту до рослини та від яких факторів він залежить?
5. Які методи прогнозу забруднення радіонуклідами сільськогосподарської продукції ви знаєте.
6. Які фактори впливають на рівень забруднення сільськогосподарської продукції рослинництва радіонуклідами за умов вирощування при однакових щільностях забруднення ґрунту радіонуклідами.
7. Що таке щільність забруднення ґрунту радіонуклідами та в яких одиницях вона вимірюється.
8. Яка продукція вважається «умовно чистою».

Практична робота 6

Тема: *Основні принципи ведення тваринництва на радіоактивно забруднених територіях*

Мета роботи: *Ознайомитися з основними принципами ведення тваринництва на забруднених землях і навчитися прогнозувати вміст Цезію-137 в продуктах тваринництва*

Основні поняття

Основну дозу радіоактивноопримінена людина одержує не ззовні, а за рахунок споживання забруднених продуктів. Зменшити надходження радіонуклідів в організм людини, можна лише за умов прогнозування ймовірних рівнів забруднення продуктів тваринництва.

Радіоактивні речовини надходять в організм тварин трьома шляхами: перорально (через рот), аерально (через дихальні шляхи), перкутативно (через шкіряний покрив). Аеральний та перкутативний шляхи представляють інтерес при оцінці дозових навантажень на організм тварин, а пероральний в основному характеризує забруднення основних продуктів тваринництва (молока, м'яса, яєць).

Загалом в господарствах, які розміщені на забруднених радіонуклідами територіях, ступінь забруднення продукції тваринництва буде залежати від складу раціону та способу утримання тварин.

Найбільш високі рівні забруднення тваринництва будуть спостерігатися при екстенсивному типі відгодівлі тварин (кормовою базою є природні луки та пасовища). Зменшення рівнів забруднення окремих кормів та загалом раціону тварин в цілому, може бути досягнути при використанні інтенсивної системи землеробства, стійлового утримання тварин з організацією раціональної кормової бази.

При складанні раціону, необхідно приймати до уваги те, що важливе значення для пониження переходу радіонуклідів цезію та стронцію в продукцію тваринництва має збалансоване мінеральне харчування. Наприклад, дефіцит кальцію в раціоні тварин, визиває підвищене накопичення стронцію-90 в молоці. Тому при складанні раціону для продуктивних тварин та птахів, рекомендується повноцінний та збагачений кальцієм раціон. При забрудненні території радіоактивним цезієм, раціон тварин повинен бути збалансований за калієм.

Радіонуклід, який потрапив в організм з кормом, всмоктується в кров у відповідних відділах шлунково-кишкового тракту. За певний період часу (в хвиликах), він розподіляється в судинній системі і виводиться з крові з сечею, потом, калом, молоком та в результаті радіоактивного розпаду. Частина радіонуклідів відкладається в тканинах, потім потрапляє в кров і входить в процеси виведення.

Виведення радіонуклідів з молоком залежить від періоду лактації та продуктивних якостей тварин: чим вищий добовий удій корови, тим менша концентрація радіонуклідів в молоці. Концентрація цезію-137 у молоці визначається кількістю радіонуклідів в добовому раціоні. Перехід Cs-137 з раціону в молоко, в середньому рівний 1% від вмісту радіонуклідів добовому в раціоні. Основним шляхом зменшення вмісту Cs-137 у молоці є переведення корів на максимально “чисті” корми.

Значний вплив на забруднення продукції має стан пасовищ. Практика показує, що використання природних пасовищ з забрудненням Cs-137 до 5 Ки/км², а інколи і до 10 Ки/км² з додатковою підкормкою тварин “чистими” кормами, дозволяє одержувати молоко з вмістом радіонуклідів в межах норми.

В організмі тварин радіоактивний цезій концентрується в м'язах, а стронцій-90 – в кістках. Порівняно з молоком,

концентрація Cs-137 в м'язах приблизно в 4 рази вище, а Sr-90 – в 1.5 рази нижче.

Для характеристики швидкості виведення радіоцезфія з м'язів, використовують “час напіввиділення”, тобто проміжок часу, за який вміст радіонуклідів зменшується в два рази. Період напіввиділення для жуйних тварин, залежно від віку та продуктивності, рівний 20 – 30 днів. Основний метод зниження радіо цезію в м'ясі, полягає у відгодівлі тварин на завершальному етапі максимально “чистим” кормом (див. методичні вказівки 065-38, табл. 6.1). Швидкість зниження Cs-137 в м'язах тварин, при утриманні їх на “чистих” кормах, із збільшенням віку зменшується .

Таблиця 6.1

Вміст Cs-137 в м'язах і в раціоні ВРХ на різних стадіях відгодівлі

Стадії відгодівлі	В м'язах, Бк/кг		В добовому раціоні, Бк/кг
	На початку стадії	В кінці стадії	
	Початкова	без обмежень	2980
Проміжна	2960	1480	37000
Кінцева	1480	740	18500

В таблиці 6.3 наведені допустимі рівні вмісту цезію-137 в раціоні, який забезпечує одержання продукції тваринництва в межах ТДР.

Для пониження концентрації радіонуклідів в продуктах харчування, необхідно застосовувати технологічну та кулінарну обробку. Перехід Cs-137 та Sr-90 з забрудненого молока в молочні продукти показана в табл. 6.4. Відомо ряд способів зниження концентрації радіонуклідів в м'ясі та м'ясопродуктах (6.5).

Таблиця 6.2

Тривалість стадії відгодівлі залежно від віку ВРХ

Стадії відгодівлі	Вік тварин на момент убою		
	1,5 року	2,5 роки	2,5-9 років
	Тривалість стадії відгодівлі, доби		
Початкова	Без обмежень	Без обмежень	
Проміжна	15	15	30
Завершальна	50	60	120

Таблиця 6.3

Прогноз вмісту цезію-137 в продуктах тваринництва

Продукт	Допустимий вміст цезію-137		% переходу з добового раціону в 1 кг продукції
	в продукті, Бк/кг	в раціоні тварин, Бк	
Молоко	100	10000	1
М'ясо яловичини	200	5000	4
М'ясо свинини	200	1400	15
М'ясо бараняче	200	1400	15
М'ясо куряче	200	45	50

Таблиця 6.4

Перехід цезію-137 та стронцію-90 із забрудненого молока в молочні продукти, в % від вмісту в цільному молоці

Найменування продукції	Цезій-137	Стронцій-90
Молоко цільне	100	100
Молоко знежирене	85	92
Вершки	15	8
Масло	2,5	1,5
Маслянка	13,5	6,5
Топлене масло	<0,1	<1
Знежирений сир	10	12
Казеїн	1,6	6,3

Таблиця 6.5

Способи переробки м'яса та ступінь пониження
концентрації радіоцезію в продуктах

Спосіб	Продукт	Ступінь пониження Cs в продукції
Варіння (30-40 хв)	м'ясо	3-5
Вимивання в проточній воді протягом 12 годин або в розчині кухонної солі	м'ясо	1,3-3
Перетоплення	сало	20

Хід роботи

1. Виписати вихідні дані згідно варіанту (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6

Вихідні дані

Раціон	Вміст цезію-137 в кормах (остання цифра номера залікової книжки)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сіно, (1п)	550	600	480	710	390	500	410	300	510	580
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Силос (кукурудза) (2п)	450	500	520	420	700	390	550	490	488	360
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кормовий буряк	370	355	420	350	329	428	299	350	410	360
Концентрант и	300	325	410	400	452	250	360	385	300	310
Солома	310	370	300	370	400	300	400	290	300	290
Сінаж	400	350	100	850	200	125	365	200	300	460
	400	120	0	425	398	423	358	0	365	0
			570					789		125

*Сіно заготовлене з першого та другого поля

2. Розрахувати вміст радіонуклідів в запропонованих раціонах для відгодівлі телят (сіно – 2 кг; силос – 15 кг;

кормовий буряк – 6 кг; концентрати – 3 кг) та харчування дійних корів (сіно – 2,5 кг; сінаж – 10 кг; силос – 25 кг, коренеплоди (кормовий буряк) – 11 кг; солома – 2 кг; концентрати – 6,5 кг).

Раціон, який складений за поживністю, прораховують для визначення вмісту в ньому радіонуклідів за формулою:

$$A P(A) + B P(B) + \dots = P(\text{раціону}), \text{ Бк}$$

де: А – кількість корму А в раціоні, кг; P(A) – вміст радіонуклідів в кормі А, Бк/кг; В – кількість корму В в раціоні, кг; P(B) – вміст радіонуклідів в кормі В, Бк/кг.

3. Порівняти одержаний результат з допустимим вмістом цезію-137 в раціоні телят та корів. Якщо вміст радіонуклідів у раціоні більший, як показники таблиці 6.1, то необхідно замінити корми або зменшити кількість найбільш забрудненого корму.

4. Визначити забруднення м'яса та молока при даному вмісті цезію в раціоні, користуючись таблицею 6.3.

5. Результати розрахунків звести у таблицю 6.7.

Таблиця 6.7

Розрахунок рівня забруднення продукції тваринництва

Продукція	Забруднення добового раціону, Бк/добу	%переходу цезію з добового раціону в продукт	Забруднення продукту, Бк/кг	ДР, Бк/кг	Перевищення, %
Молоко	$P_{\text{корів}}$	1	$0,01 P_{\text{корів}}$		
М'ясо	$P_{\text{телят}}$	4	$0,04 P_{\text{телят}}$		

6. Запропонувати способи зменшення вмісту радіонуклідів в продукції шляхом її переробки.

7. Зробити висновки.

Питання для самоперевірки

1. Від який чинників залежить накопичення радіонуклідів в організмі тварин?
2. Яким чином розраховують вміст радіонуклідів у раціоні тварин.
3. Охарактеризуйте методи зниження вмісту цезію та стронцію у молочні й продукції.
4. Який відсоток переходу з добового раціону тварини в молоко та м'ясо.

Практична робота 7

Тема: *Характеристика заходів, спрямованих на зменшення надходження радіонуклідів в продукцію рослинництва*

Мета роботи: *ознайомитися з основними заходами, які направлені на зменшення забруднення Cs-137 сільськогосподарської продукції, та навчитися застосовувати ці заходи для певних умов*

Основні поняття

Сільськогосподарське виробництво на території, яка зазнала радіоактивного забруднення в результаті аварії на ЧАЕС, спрямоване на вирішення однієї із основних задач – застосування у виробництві заходів, що сприяють зниженню вмісту радіонуклідів в продукції з до встановлених норм з врахуванням їх економічної доцільності.

Комплекс заходів, які спрямовані на одержання “умовно чистої продукції” рослинництва складається з чотирьох груп: організаційні, агротехнічні, агрохімічні, технологічні.

ОРГАНІЗАЦІЙНІ заходи передбачають:

- проведення інвентаризації угідь за щільністю забруднення та складання відповідних картограм;
- прогнозування вмісту радіонуклідів у врожаї;
- прогнозування ефективності заходів і рівня забруднення врожаю після їх проведення;
- визначення площ, де можливе вирощування культур для різнопланового використання:
 - а) на виробничі цілі;
 - б) на виробництво кормів;
 - в) на технічну переробку;
 - г) на одержання посівного матеріалу;
- організація радіаційного контролю продукції.

АГРОТЕХНІЧНІ заходи включають:

- проведення глибокої оранки (на високо-родючих ґрунтах);
- збільшення долі площ під культури з низьким рівнем накопичення радіонуклідів;
- запобігання вторинного забруднення рослин;
- кореневе та поверхнєве покращення сінокосів та пасовищ.

АГРОХІМІЧНІ заходи передбачають:

- вапнування кислих ґрунтів;
- внесення підвищених доз калійних добрив;
- внесення підвищених доз фосфорно-калійних добрив;
- внесення органічних добрив;
- комплексне внесення різних видів мінеральних та органічних добрив.

ТЕХНОЛОГІЧНІ заходи включають:

- промивку і первинну очистку зібраної плодово-овочевої та технічної продукції;

- застосування різних способів збирання зернових , овочевих і кормових культур, які не допускають вторинного забруднення продукції;

- переробку одержаної продукції з метою зниження концентрації радіонуклідів.

Товарне сільськогосподарське виробництво на території з щільністю забруднення цезієм-137 вище 15 Ки/ км² забороняється на всіх типах ґрунтів, на торфових та торфово-болотних ґрунтах цей показник може бути обмежений до 5 Ки/ км².

Ґрунт є основним джерелом надходження радіонуклідів в сільськогосподарську продукцію. Ґрунт здійснює значний вплив на міграцію радіонуклідів. З однієї сторони, проходить сорбція радіонуклідів твердою фазою ґрунту, з іншої – ідуть процеси перерозподілу в більш глибокі шари. Швидкість цих процесів залежить від таких властивостей ґрунту, як механічний та мінеральний склад, вміст органічної речовини, ємність вбирання.

Деякі ґрунти Українського Полісся (дерново-підзолисті піщані, слабо гумусні піски) характеризуються дуже низьким вмістом глинистим мінералів, це викликає слабе протікання процесів необмінного поглинання Cs-137. Тому Cs-137 в цих та органогенних (торфово-болотних) ґрунтах характеризуються різко підвищеним значенням міграційної здатності та біологічної допустимості. Зниженню накопичення радіонуклідів в рослинах, сприяє підвищений вміст гумусу в ґрунтах. Вплив гумусу на поведінку радіонуклідів пояснюється не тільки підвищеною ємністю вбирання, а також зниженням активності та гідролітичної кислотності ґрунту, утворенням комплексних з'єднань, в складі яких радіонукліди не можуть бути засвоєні коренями.

Виходячи з цього, вапнування є одним із найбільш розповсюджених заходів для одержання рослинної продукції, яка відповідає радіологічним стандартам.

1. Вапнування

Кислотність ґрунтів – це здатність ґрунту підкислювати ґрунтовий розчин, або розчин солей, внаслідок наявності в складі ґрунту кислот, а також обмінних іонів водню і катіонів, які утворюють при їх витісненні гідролітично кислі солі. Розрізняють активну кислотність, яка визначається значенням рН ґрунтового розчину та потенціальну кислотність, носієм якої є іони K^+ і Al^{3+} , що знаходяться в твердій фазі ґрунту в обміно-поглинутому стані і які підкислюють ґрунтовий розчин в результаті обмінних реакцій при збільшенні в ньому концентрації електролітів (наприклад, при внесенні добрив). За способом визначення, потенціальну кислотність поділяють на обмінну і гідролітичну. Обмінна кислотність виявляється при взаємодії ґрунту з розчинами нейтральних солей, а гідролітична – з розчинами гідролітично-розчеплюючих солей. Обмінна кислотність характеризується величиною рН сольової витяжки (інтервал від 3-до 6).

За значенням рН ґрунтового розчину, ґрунти бувають: сильнокислі (рН 3 – 4), кислі (рН 4 – 5), слабокислі (рН 5 – 6), нейтральні (рН 6 – 7), лужні (рН 7 – 8), сильнолужні (рН 8 – 9).

В кислих ґрунтах рухомість радіонуклідів максимальна. Із підвищенням рН сорбція радіоізоотопів зростає, а рухомість знижується. Зміна реакції розчину з сильно кислої до нейтральної знижує рухомість радіоактивних цезію, стронцію в 2-4 рази. Для умов Полісся коефіцієнти переходу основних забруднювачів цезію-137 та стронцію-90 із підвищення рН знижуються в 3-15 разів.

Внесення вапна ефективно в дозах, які забезпечують нейтралізацію кислої реакції ґрунтового розчину. Дози вапна розраховують за гідролітичною кислотністю ґрунту. В зоні з щільністю забруднення за гідролітичною кислотністю ґрунту. В зоні з щільністю забруднення ґрунту до $15 \text{ Ki}/\text{km}^2$ вапно в

одній дозі за гідролітичною кислотністю. Надлишкове внесення вапна додатково не зменшує надходження радіонуклідів і може впливати на продуктивність таких культур, як льон, картопля, люпин, серадела. В перші роки після внесення вапна, на полях необхідно розміщувати кормові боби, конюшину, горох, кукурудзу, озиму пшеницю.

На дерново-підзолистих та сірих лісових ґрунтах при вмісті гумусу до 3 %, потребу у вапні можна визначити по рН сольової витяжки з ґрунту та механічному складі (табл.12.1).

В умовах Полісся, при можливості, ефективно замість вапна вико ристовувати доломітову муку, вапнякові туфи, дефекти. Строки повторного вапнування ґрунтів встановлюється в міру підкислення ґрунтового розчину.

Таблиця 7.1

Нормальні дози вапна в перерахунку на чистий та сухий вуглекислий кальцій (в т на 1 га)

Механічний склад ґрунту	рН сольової витяжки з ґрунту					
	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4-6,0
Супіщані, легкосуглинисті	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Середньо та важкосуглинисті	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

2. Застосування мінеральних та органічних добрив.

Вплив мінеральних добрив на накопичення радіонуклідів у врожаї культур за одних і тих самих ґрунтових умов різна.

Азотні добрива в деяких випадках можуть спонукати накопиченню радіонуклідів у врожаї. Тому, азотні добрива слід застосовувати тільки в складі складного добрива в кількості, яка забезпечує одержання запланованого врожаю. При застосуванні складного мінерального добрива, рекомендується відношення N:P:R=1:1, 5:2. ефективність

добрив максимально проявляється на низькородючих ґрунтах.

Застосування органічних добрив спричиняє як підвищення врожаю, так і знижує накопичення в ньому радіоактивних речовин. Органічні добрива застосовують в дозах 60-100 т/га, залежно від потреби культури.

Під кормові культури рекомендується вносити наступні дози добрив: калій 90-120 кг д.р/га; фосфор 60-90 кг д.р/га; азот 45-60 кг д.р/га; органічні (гній, сапропель) не менше 50 т/га.

На екологічно небезпечних ґрунтах таких, як торфових та піщаних мінеральних, рекомендовані заходи: вапнування та внесення підвищених норм фосфорно-калійних добрив не завжди забезпечують отримання “умовно чистої” продукції. Тому комплекс заходів доцільно доповнювати прийомами по збагаченню їх сорбентами органо-мінерального складу. Ефективними матеріалами для меліорантів місцеві матеріали: мергель, лесовидні та моренні суглинки, алювіальні відклади суглинкового та глинистого складу, розмелені туфи.

3. Розміщення культур. Рівні забруднення врожаю сільськогосподарських культур залежать від біологічних особливостей рослин. Так, зернові та зернобобові культури в міру збільшення накопичення радіо цезію у врожаї зерна на одному і тому ж ґрунті можна розмістити в ряд: кукурудза, просо, ячмінь, пшениця, жито, овес, горох, квасоля, боби, соя, гречка. Відмінність між накопичення радіоцезію в зерні кукурудзи та гречки складає 18 раз.

Кормові культури по мірі збільшення рівнів забруднення зеленої маси, розміщуються в наступному порядку: кукурудза, тимофіївка, конюшина, соняшник, кормова капуста, люпин жовтий.

Характеристика овочевих культур, щодо накопичення радіоцезію представлена в таблиці 12.2.

Таким чином, розміщення культур з врахуванням щільності забруднення ґрунту, а також біологічних особливостей рослин, дозволяє регулювати рівні забруднення врожаю та вирощувати продукцію з вмістом радіонуклідів значно нижче ТДР.

Таблиця 7.2

Коефіцієнти переходу цезію-137 в овочеві культури

$$\left(K_{п}, \frac{Bк / кг}{кБк / м^2} \right)$$

Груп а	Культури	Діапазон, $K_{п}$
I	Малонакопичуючі культури: баклажани, солодкий перець, гарбуз, цибуля	<0,1
II	Середньонакопичуючі культури: огірки, помідори, часник, кабачки, морква, петрушка, цвітна капуста	0,1-0,2
III	Культури підвищеного накопичення: редиска, кріп, рання та пізня капуста	0,2-0,3
IV	Культури високого накопичення: щавель, капуста кольрабі, столовий буряк	>0,3

Оцінка ґрунтів за ступенем радіоактивного забруднення

Залежно від рівня додаткових затрат та їх складності виконання існує шкала оцінки рівня деградованості ґрунту за рівнем забруднення його радіонуклідами (за М. О, Клименко, С. І. Веремеєнком), яка представлена в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3

Шкала деградованості ґрунту за рівнем їх радіоактивного забруднення цезієм-137 (М.О.клименко, С.І.Веремеєнко)

Ступінь деградованості	Щільність забруднення ґрунту, Кі/км ²			Вміст радіонуклідів в с/г продукції	Рекомендовані заходи по відновленню екологічного стану
	Дерн.- підзол.		торфо ві		
	лег кі	важ кі			
Недеградовані	На рівні природного фону				
Слабо деградовані	до 1	до 1	до 0,5	Вміст радіонуклідів не перевищує ТДР-97 в кормах і молоці	Традиційна система землеробства з обов'язковим застосуванням агротехнічних заходів підвищення легких піщаних та торфових ґрунтів
Середньодеградовані	1-3	1-6	0,5-2	Можливе перевищення вмісту радіонуклідів в кормах вище ТДР-97. Забруднення молока	Підбір культур з нижчим рівнем накопичення радіонуклідів, корінне поліпшення сінокосів та пасовищ, вапнування кислих ґрунтів,

				не перевищує ТДР-97	внесення рекомендованих норм мінеральних добрив, оптимізація водно-повітряного режиму
Сильнодеградовані	3-15	6-15	2-4	Вміст радіонуклідів в кормах та молоці вище ТДР-97. Отримання чистої продукції можливе при застосуванні спеціальних агротехнічних заходів та додатковій очистці продуктів тваринництва	Зміна структури посівних площ або спеціалізації господарств, внесення підвищених норм фосфорно-калійних добрив, органічних добрив. Проведення структурних та колоїдно-хімічних меліорацій піщаних та торфових ґрунтів. Вапнування кислих ґрунтів. Корінне поліпшення сінокосів та пасовищ.
Непридатні	>15	>15	>4	Отримати екологічно чисту продукцію без дезактивації ґрунтів неможливо	Вилучення із сільськогосподарського виробництва на тривалий час або дезактивація та рекультивація ґрунтів

Хід роботи

1. На основі вихідних даних лабораторної роботи “Прогноз вмісту радіонуклідів в сільськогосподарській продукції”, оцінити радіоактивну обстановку території, охарактеризувати тип ґрунту.

2. Оцінити кислотність ґрунту та розрахувати необхідну кількість внесення вапна за гідролітичною кислотністю, або спираючись на дані таблиці 12.1. Обґрунтувати спосіб розрахунку.

Розрахунок норми вапна за гідролітичною кислотністю:

$$N_p = 1.5 G_k, \text{ т/га};$$

де: N_p – норма вапна, т/га; G_k – величина гідролітичної кислотності, м-екв/100г ґрунту; 1.5 – коефіцієнт перерахунку гідролітичної кислотності на CaCO_3 , т/га

3. Запропонувати оптимальні дози добрив для конкретної культури з урахуванням типу ґрунту та рівнів радіоактивного забруднення.

4. Охарактеризувати розміщення культур, виходячи із їх біологічних особливостей.

5. Оцінити ґрунт за ступенем радіоактивного забруднення.

6. Результати розрахунків записати в таблицю 7.4.

Таблиця 7.4

Характеристика заходів, спрямованих на зменшення забруднення продукції рослинництва

Культури (коєфіціє нт переходу)	Характеристика заходів				Розміщен ня культур	Ступінь деградовано сті ґрунту
	Внесе но вапна, т/га	Внесено добрив				
		N кг д. р	P кг д. р	K кг.д. р		

7. Спрогнозувати зміни рівня забруднення після проведених заходів.

8. Зробити висновки

Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні групи заходів, що направлені на зменшення надходження радіонуклідів до рослинної продукції.
2. В чому полягають організаційні заходи направлені на зменшення надходження радіонуклідів до рослинної продукції, і коли вони актуальні.
3. Охарактеризуйте групи заходів, які направлені на зменшення надходження радіонуклідів до рослинної продукції що є актуальними сьогодні.
4. Яким чином визначають дозу внесення вапна на забруднених радіонуклідами територіям.

5. Які обмеження існують при веденні товарного сільськогосподарського виробництва.
6. Які норми мінеральних та органічних добрив рекомендують вносити на радіоактивно забруднених територіях.
7. Наведіть основні вимоги розміщення культур після вапнування.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Клименко М. О. Радіоекологія : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2008. 224 с.
2. Клименко М. О. Прищеп А. М. Практикум з радіоекології : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2010. 220 с.
3. Гудков І. М., Гайченко В. А., Кашпаров В. О. Радіоекологія : навчальний посібник. Суми : Університетська книга. 2024. 468 с.
4. Клименко М. О., Клименко О. М., Клименко Л. В. Радіоекологія : підручник. Рівне : НУВГП, 2020. 304 с.
5. Клименко М. О., Прищеп А. М., Лебедь О. О. Радіоекологія. Практикум. Суми : Університетська книга. 2024. 404 с.

Допоміжна

6. Атлас. Україна. Радіоактивне забруднення. Мінчорнобиль України. К., 2001. 39 с.
7. Атлас. Україна. Радіоактивне забруднення. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту

населення від наслідків Чорнобильської катастрофи. Інтелектуальні Системи ГЕО. К., 2002.

8. Гродзинський Д. М. Радіобіологія : підручник. Київ : Либідь, 2000. 448 с.

9. Перепелятніков Г. П. Основи загальної радіоекології : монографія. 2-ге вид.; укр. мовою; виправл. і доп. К. : Атіка, 2012. 440 с.